



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**AUDITORIA ENERGÉTICA EN HIELERA CELSA LEÓN**  
**NICARAGUA**

**AUTOR**

**BR. Erick Andrés López Cuadra**

**TUTOR:**

**MSc. Edmundo José Pérez Escobar**  
**Master en Ingeniería Mecánica**

**Managua, 13 de Noviembre 2014**

---

---

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS.**

*Por ser mi fuente de Vida y haberme permitido llegar hasta esta culminación de mis estudios, proveyendo con su gran misericordia los medios para alcanzar la meta. Por haber permitido darme a mis padres amorosos que me apoyaran en esta etapa de mi vida.*

.

### **A mi madre y Padre**

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor incondicional.*

**A Mi esposa** quien me ha brindado su amistad y consejos sabios durante este proceso. A mi tutor, Profesor Edmundo José Pérez Escobar, por su amistad y su apoyo decidido en la realización de este trabajo, a la empresa Hielera CELSA por haber abierto las puertas brindando su confianza de realizar esta tesis monográfica.

*Erick Andrés López Cuadra.*

---

## RESUMEN

El presente trabajo monográfico se realizó en la empresa Proyecciones Industriales S.A. (Hielo CELSA), el cual está ubicada en la ciudad de León. Realizándose una auditoria energética para el proceso de elaboración de hielo en marquetas, identificando el potencial de ahorro energético, sin afectar de manera negativa el proceso.

Para determinar las alternativas de mejoras en el proceso se definió una línea base: como fue el consumo promedio eléctrico mensual, demanda máxima en periodo valle y punta, el indicador de consumo eléctrico vs toneladas de hielo producido, definiendo el mínimo a producir mensualmente, multas por bajo factor de potencia, potencia de cada motor eléctrico.

Se estableció la distribución del consumo eléctrico a partir de los parámetros de operación, tales como potencia de cada equipo y tiempo de operación. Asimismo se calculó el coeficiente de operación del compresor para establecer una comparativa con un equipo de similar potencia y menor consumo eléctrico.

Al implementar las mejoras en la empresa se estima un beneficio en la reducción del consumo de energía eléctrica, en 20,461 kWh/año y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> 9,637.08 kg de CO<sub>2</sub>, principal causante del efecto invernadero

Una de las dificultades en el análisis de factibilidad técnica económica fue obtener precio o valor de venta en el mercado nacional, ya que los proveedores nacionales tardan en la recepción de las solicitudes y en dar respuestas al mismo, obteniendo únicamente catálogos en línea de referencia general, con lo que se debe orientar el estudio de optimización del consumo eléctrico. Asimismo la falta de información técnica de los equipos que están operando en la empresa.

---

## INDICE.

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo General.....	2
2.2 Objetivos Específicos.....	2
III JUSTIFICACIÓN.....	3
CAPITULO IV: MARCO TEÒRICO.....	4
4.1 AUDITORIA ENERGÉTICA.....	5
4.1.1 Concepto de evaluación energética.....	5
4.1.2 Evaluación de los datos.....	7
4.1.3 Tipos de información necesaria: .....	8
4.1.4 Recomendaciones para el procesamiento de datos.....	9
4.1.5 Evaluación económica del plan de medidas propuesto.....	10
4.2 Medición y parámetro de consumo de energía .....	10
4.2.1 ¿Qué es electricidad?.....	10
4.2.2 Medición de parámetros de consumo de energía eléctrica.....	10
4.2.3 Factores que implican un mayor consumo de energía eléctrica.....	11
4.2.4 Factura eléctrica y su composición.....	11
4.2.4.1 Factor de potencia según la tarifa contratada.....	13
4.3 Sistema de refrigeración.....	18
4.3.1 Compresor.....	19
4.3.2 Funcionamiento de Condensadores.....	21
4.3.3 Refrigerante y el Amoniaco.....	22
CAPITULO V: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	29
5.1 Tipo de tarifa eléctrica de la empresa y consumo anual de energía eléctrica.....	29

---

5.2	Característica del consumo eléctrico y demanda de potencia de la empresa .....	30
5.2.1	Demanda de potencia .....	30
5.2.2	Factor de potencia. ....	32
5.2.3	Distribución del consumo de energía eléctrica .....	34
5.2.4	Indicador de Producción. ....	35
5.3	Sistema de refrigeración.....	36
5.3.1	Capacidad del Sistema de Refrigeración.....	36
5.3.2	Eficiencia de compresores.....	37
5.3.3	Almacenamiento de hielo en marquetas.....	37
5.3.4	Resumen.....	39
5.4	Análisis de las oportunidades de ahorro. ....	40
5.4.1	Sustituir motor eléctrico del compresor VILTER 1 por motor de alta eficiencia.....	40
5.4.2	Sustituir cuarto frío actual por cámara frigorífica. ....	41
5.5	Calculo del VPN y TIR .....	42
5.5.1	Beneficio Ambiental .....	43
CAPITULO VI: CONCLUSIONES. ....		45
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES .....		47
CAPITULO VIII: BIBLIOGRAFIA. ....		49
CAPITULO IX: ANEXOS.....		50

---

## INDICE DE FIGURA.

FIGURA 1.ESCALA DEL FACTOR DE POTENCIA. ....	14
FIGURA 2. TRIÁNGULO DE POTENCIAS.....	15
FIGURA 3. OPERACIÓN DEL COMPRESOR RECIPROCANTE.....	20
FIGURA 4. CICLO DE REFRIGERACIÓN.....	25
FIGURA 5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONGELAMIENTO POR SALMUERA.....	27
FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA DE POTENCIA .....	31
FIGURA 7. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	32
FIGURA 8. FACTOR DE POTENCIA EN PROYECCIONES INDUSTRIALES S.A., HIELO CELSA.....	33
FIGURA 9. INDICADOR DE CONSUMO ELÉCTRICO .....	35
FIGURA 10. COMPRESOR VILTER .....	36
FIGURA 11. CUARTO FRIO .....	37
FIGURA 12. PRODUCTO ALMACENADO.....	38
FIGURA 13. AGITADOR DE LA PILA .....	38
FIGURA 14. MUESTREO DE TEMPERATURA DE LA PILA DE CONGELACIÓN .....	39
FIGURA 15. CÁMARA FRIGORÍFICA.....	41

## INDICE DE TABLA.

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LA TARIFA ELÉCTRICA PARA LA EMPRESA .	29
TABLA 2. DETALLES DE LA DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO...	34
TABLA 3. FACTIBILIDAD DE LA INVERSIÓN. ....	43
TABLA 4. BENEFICIOS AMBIENTALES.....	44
TABLA 5. FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	44

## INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 KWH/TON	
--------------------	--

---

ECUACIÓN 2 (CONSUMO ANTERIOR KWH/AÑO -CONSUMO PROYECTADO KWH/AÑO)/CONSUMO ANTERIOR *100	9
ECUACIÓN 3 $P = (V \cdot A \cdot 1.73 \cdot \text{FACTOR DE POTENCIA}) / 1000$	10
ECUACIÓN 4 $VPN = FE / (1 + I)^T$ ; FE FLUJO DE EFECTIVO ; I TASA DE INTERÉS; T PERIODO	10
ECUACIÓN 5. COSTO DE MULTA = (COSTO POR ENERGÍA CONSUMIDA + COSTO POR DEMANDA MÁXIMA DE POTENCIA) X (0.85-FACTOR DE POTENCIA DE LA EMPRESA).	33
ECUACIÓN 6. $Q C = \text{POTENCIA ACTIVA} \times \text{FACTOR K (0.430)}$	33
ECUACIÓN 7. $\text{COP WATTS TÉRMICO} / \text{WATTS ELÉCTRICO} = 20 T \cdot 12000$ $\text{BTU/T} \cdot 0.000293 / 33 \text{ KW}$	37



---

## **I. INTRODUCCIÓN**

La empresa Proyecciones Industriales S.A. (Hielo CELSA), se encuentra ubicada en la ciudad de León. Es una empresa dedicada a la producción de hielo sólido en marquetas y hielo triturado; se realizó una auditoria de eficiencia energética, para determinar el potencial de ahorro energético en el proceso, sin afectar el producto o calidad.

En el proceso de elaboración de marquetas de hielo, se utiliza tres compresores tipo reciprocantes, tanque de salmuera y equipos complementarios como bombas de recirculación.

Se determinó por medio de un balance de energía los equipos o procesos de mayor consumo eléctrico, orientando las medidas de optimización del recurso energético para lograr un mayor beneficio en la reducción de consumo eléctrico y emisiones de CO<sub>2</sub>.

La empresa posee un consumo promedio de energía eléctrica de 26,262 kWh/mes, lo cual corresponde a un costo de facturación de US\$ 4,789.00 por mes. Con una producción se estiman en 1,925 unidades de hielo equivalente a 87.5 Ton/mes.

Determinando las opciones de mejora para el incremento de la eficiencia en el consumo de energía, se obtuvieron resultados en la inversión estimada por la sustitución de tecnología, ahorro económico por reducción de consumo eléctrico, beneficio ambiental en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

---

## **II OBJETIVOS.**

### **2.1 Objetivo General**

Realizar una auditoría energética en las instalaciones físicas de HIELERA CELSA, ubicado en la ciudad de León, que se traduciría en beneficios a la sociedad nicaragüense y al medio al ambiente.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un análisis del consumo de energía eléctrica
- Evaluar la eficiencia energética de los equipos en el proceso.
- Generar opciones de ahorro energético.
- Evaluar técnica, económica y ambientalmente las opciones de mejora recomendadas

---

### **III JUSTIFICACIÓN**

Vivimos actualmente una situación de preocupación global por la emisión de gases con efecto invernadero y sus efectos sobre el cambio climático, situación que requiere una evaluación desde el punto de vista de la eficiencia energética.

Determinando las opciones de mejora a través de la evaluación detallada del sistema y consumidores involucrados en el proceso, con el fin de optimizar el consumo eléctrico, reducir los costos operativos, minimizar los impactos ambientales e incorporar indicadores de control que mejoren la administración de la energía de la empresa.

La auditoría energética representa un aporte muy importante a la gerencia de la empresa, en la toma de decisiones, basado en los resultados técnicos, económicos y ambientales identificados en este estudio.

---

## **CAPITULO IV: MARCO TEÒRICO.**

La conservación de energía es uno de los factores necesarios que se debe de tomar en cuenta en la administración de los recursos y servicios técnicos, por lo que es muy importante la concientización de su implementación. Para esto se debe iniciar un programa de energía, trazando los lineamientos desde el estado actual, la planificación, análisis de los costos y utilización de los diferentes recursos, con programas o estudios, tales como las auditorías energéticas.

Se realizó una búsqueda de información para desarrollar un plan de ahorro de energía, efectuándose un estudio en la planta para conocer cómo, dónde, y para qué usan la energía los consumidores energéticos. Para la evaluación se llevaron a cabo las siguientes etapas:

- Una familiarización con el proceso productivo, conociendo sus ventajas y desventajas, tipo de maquinaria, flujo de materiales e instalaciones en general, para una mejor visión de la empresa.
- Se establecieron las evaluaciones en un periodo de tiempo.
- Se recopilaron datos de consumo, costos, producción, equipo, etc. para establecer los indicadores de referencia
- Se analizaron los datos, para identificar las fuentes y los consumidores mayores teniendo en cuenta la confiabilidad, confidencialidad y su disponibilidad.
- La falta de disponibilidad de distribuidores nacionales de esta tecnología como compresores de tornillo(altamente eficiente), dificulta una mejor transferencia de tecnología en nuestro mercado
- El mercado local tiene nuevos productores de hielo, que ofrecen un costo de compra del producto menor con respecto al producido localmente, por los grandes volúmenes de producción, sin embargo la calidad del mismo no es evaluado por el comprador, ya que el interés es adquirir un producto similar pero con un menor costo.

- 
- Un distribuidor de la región centro americana realizo una visita a la empresa ofertando compresores de tornillos.

#### **4.1 AUDITORIA ENERGÉTICA<sup>1</sup>**

La auditoría energética es un análisis progresivo que revela donde y como se usa la energía en las instalaciones de la hielera, el resultado de la auditoria es la reducción en el consumo de energía y proporcionalmente los costos directos de la empresa.

Existen tres tipos de auditorías que son:

1. Auditorias de base (nivel I) o visitas a la planta.
2. Proyecto simple (nivel II) o auditorías energéticas.
3. Auditorias dirigidas (nivel III).

En la primera Nivel I, su objetivo principal es la conservación de energía con visitas a la planta de un día, mientras que la segunda Nivel II, su principal objetivo es establecer un programa completo de conservación de energía con visitas a la planta (mediciones, análisis de proceso, identificación y cuantificación de mejora) de una a dos semanas con entrega de reporte de evaluación, descripción de la planta, perfil de consumo, descripción de mejoras, plan de ejecución y recomendaciones. Donde la auditoria de Nivel II es la aplicada en este estudio.

##### **4.1.1 Concepto de evaluación energética:**

Es un análisis progresivo que revela cuanto, como, y donde se consume la energía, el costo de su generación, los precios de su distribución y entrega al consumidor final, con el objetivo de mejorar continuamente su eficiencia de

---

<sup>1</sup> Manual de Eficiencia Energética, Centro de Producción más Limpia de Nicaragua, 2007

---

utilización con el establecimiento de medidas y recomendar inversiones en la consecución del fin propuesto.

Como metodología para la implementar la evaluación energética se consideraron las siguientes actividades fundamentales:

- Recolección de datos de interés empresarial.
- Depuración de los datos obtenidos.
- Procesamiento de los datos empleando como herramienta el análisis.
- Análisis de los datos procesados y su comparación con parámetros de referencia.
- Evaluación económica del plan de medidas propuesto.
- Propuesta del plan de medidas para elevar la eficiencia energética y su cronograma de implementación.
- Conclusiones y recomendaciones.

Se necesitaron instrumentos que midieron los siguientes parámetros:

- **Electricidad** (Amperímetro de gancho)  
Se realizó medición de amperaje de operación de cada equipo eléctrico, tensión de operación, con amperímetro de gancho marca fluke<sup>2</sup>
- **Temperatura:** se utilizó un termómetro de contacto para determinar la temperatura de salmuera.

#### **4.1.2 Inspección visual y recorrido de la planta.**

Se llevó a cabo un recorrido por las instalaciones, para evaluar objetivamente las condiciones de la planta, los procedimientos de operación y comprender el flujo del proceso.

---

<sup>2</sup> [www.fluke.com](http://www.fluke.com)

---

### **Pasos realizados.**

1. Se seleccionó un personal que acompañó al auditor.  
Se elaboraron bosquejos con la ayuda del personal de la planta, identificando los sistemas de mayor consumo de energía a través un análisis por lo cual se inspeccionaron:
  - Datos de placa.
  - Apariencia física.
  - Instrumentación.
  - Sistemas de control.
  - Condiciones de operación.
  - Estructura externa e interna.
- 3 Se identificaron y revisaron los instrumentos relacionada con la energía.
  - Medidores de servicio público.
  - Instrumentos de las operaciones involucradas en el proceso.
- 4 Se identificó los procedimientos para el informe de energía.
  - Diagramas y análisis efectuados.
- 5 Se señalaron los flujos de energía que incluían:
  - Áreas principales de producción acompañadas por los tipos de energía y materiales utilizados.
- 6 Se identificaron las opciones de ahorro energético.

#### **4.1.2 Evaluación de los datos.**

##### **Identificación de los datos requeridos.**

El auditor para el desarrollo de esta monografía investigo los datos necesarios para analizar y llevar a cabo el plan de acción.

Para ello se efectuaron entrevistas a:

- **Gerente General.** Se conoció la actitud de la administración de la hielera hacia el ahorro de energía, criterios que sirvieron para la toma de decisiones sobre desembolsos de capital para proyectos de mejoras.

- 
- **Supervisor de Proceso y Personal de Mantenimiento:** Brindo información sobre condiciones de los equipos y problema de operación, sistemas de control que manejan, instrumentación con la que cuentan, los procedimientos que realizan para el proceso, de igual manera suministró la información faltante sobre la marcha de los equipos y las condiciones de operación requerida para el cumplimiento de la demanda impuesta.
  - **Personal Administrativo.** Se obtuvo información sobre costos de energía, horarios de operación, informes de gastos de operación en equipos eléctricos y electromecánicos.

#### 4.1.3 Tipos de información necesaria:

- Volúmenes anuales y por periodos de producción, mercado al que se dirige.
- Horarios laborales para las actividades productivas.
- Características físicas de la planta, grado de conservación, grado de obsolescencia técnica que presenta el equipamiento y las edificaciones, paralizaciones totales y parciales sufridas y sus causas.
- Consideraciones medioambientales sobre el proceso tecnológico, afectaciones a la comunidad circundante y multas.
- Equipos consumidores de energía de la planta, incluyendo sistema de producción y medio ambiente.
- Costo de energía y tarifa predominante.
- Desarrollo de balances energéticos y de distribución del consumo de energía eléctrica

Los datos obtenidos en la evaluación son útiles para diversos fines:

- Control de la explotación de los sistemas.
- Definición de puntos básicos para el mantenimiento.
- Determinación de los puntos sobre los que se debe actuar para reducir el consumo, así como una buena indicación para fijar las prioridades.
- Posibles mejoras.



---

#### 4.1.4 Recomendaciones para el procesamiento de datos.

- A partir del historial del consumo energético, se procesaron, seleccionando los datos estadísticos convenientes para la reducción de los datos a valores promedios representativos y se elaboraron gráficos representativos del comportamiento temporal y sus tendencias.
- Se procesaron los datos estadísticos convenientes, la información económica sobre los costos energéticos y sus tendencias temporales.
- Se determinaron a partir de los valores representativos seleccionados los índices de consumo por unidad de fin representativa para la actividad productiva de la instalación.
- Se consideraron la influencia sobre los índices de consumo calculando el tiempo productivo total y efectivo de explotación de la instalación y su influencia, así como las variaciones o desviaciones introducidas en este indicador por cambios tecnológicos e introducción de nuevas instalaciones, ampliaciones y modernizaciones de las existentes

#### Análisis de los datos.

Se desarrolló una base de datos de consumo de energía de la planta tomando en cuenta: Inventario de equipos consumidores de energía, hojas de flujo de procesos.

La base de datos nos permitió determinar:

- Uso de la energía – consumo, costo y horarios.
- Índices de consumo de energía.

##### **Ecuación 1 kWh/ton**

- Operaciones de la planta. (Horas al año)
- Potencial de ahorro de energía.

##### **Ecuación 2 (Consumo anterior kWh/año -consumo proyectado kWh/año)/consumo anterior \*100**

- 
- Cálculo de la potencia de operación:

$$\text{Ecuación 3 } P = (V \cdot I \cdot 1.73 \cdot \text{Factor de potencia}) / 1000$$

### **Preparar índices de consumo de energía:**

Para estimar el desempeño energético de cualquier equipo o sistema, se utilizó un punto de referencia el consumo eléctrico nominal, con los parámetros de operación establecidos para el mejor desempeño, para el posterior análisis y cálculo de la eficiencia energética de operación.

#### **4.1.5 Evaluación económica del plan de medidas propuesto.**

Para la evaluación económica se realizaron los cálculos que demuestren el monto de pérdidas y la capacidad de ahorro de las medidas propuestas en cada opción identificada en cada sistema energético.

$$\text{Ecuación 4: } VPN = FEi / (1+i)^t ; \text{ FE Flujo de Efectivo ; } i \text{ Tasa de interés; } t \text{ Periodo}$$

## **4.2 Medición y parámetro de consumo de energía eléctrica**

### **4.2.1 ¿Qué es electricidad?**

En términos sencillos, la electricidad son electrones en movimiento. Algunos tipos de materiales están compuestos por átomos que pierden fácilmente sus electrones, y éstos pueden pasar de un átomo a otro. Así, cuando éstos se mueven entre los átomos de la materia, se crea una corriente de electricidad, su unidad de medida es el amperio (A).

### **4.2.2 Medición de parámetros de consumo de energía eléctrica.**

El rubro energético más costoso es la electricidad, la generación de energía eléctrica necesita mayor inversión de capital y considerables gastos de operación. Para controlar el consumo de la energía eléctrica, es conveniente

---

disponer de un equipo de medición de parámetros eléctricos, que permita monitorear la curva de carga de la empresa, así como conocer el comportamiento del banco de transformadores, y de los principales equipos o circuitos internos de tal forma que facilite una aproximación cierta en el análisis eléctrico. Los equipos de medición básicos en estos casos son: Potenciómetro, Amperímetro de gancho de hasta 1000 A y un registrador electrónico para instalar en paralelo al medidor de la empresa suministradora del servicio eléctrico.

Cuando la electricidad entra a la empresa, pasa por un medidor. La "lectura" del medidor generalmente la efectúa cada mes un empleado de la compañía que nos proporciona el servicio eléctrico. El medidor marca la cantidad de kilowatts-hora que se consume cada día en iluminación, refrigeración, aire acondicionado, televisión, radio, etc.

#### **4.2.3 Factores que implican un mayor consumo de energía eléctrica.**

El ahorro de energía, comienza en la selección apropiada del equipo; siempre existe uno adecuado a las necesidades, como lo son, las condiciones ambientales de operación, arranque, velocidad, tamaño y potencia. Los mayores ahorros de energía eléctrica se obtienen cuando el equipo y su carga operan a su máxima eficiencia.

#### **4.2.4 Factura eléctrica y su composición.**

##### **Factura eléctrica de Nicaragua.**

Cada país cuenta con una factura eléctrica para cobrar a sus consumidores. En Nicaragua la facturación de la energía eléctrica depende del tipo de tarifa a la cual está sujeto el cliente consumidor.

La Tarifa es un precio o un calendario de precios; también, términos y condiciones contractuales para un servicio o un grupo de servicios definidos.

---

Los consumidores de energía tienen opción de elegir su tarifa de acuerdo a las características de su consumo, entre las tarifas que ofrece el Instituto Nicaragüense de Energía (INE) se encuentran las tarifas de baja y Media tensión. Las tarifas de baja tensión brindan al consumidor voltajes de 120, 240, y 480 Voltios. Las tarifas de media tensión brindan al consumidor un voltaje primario de 13,800 y 24,900 Voltios, para contratar esta tarifa el consumidor debe contar con transformadores que sean capaces de manejar este voltaje.

Dentro de estas dos tarifas existen las categorías de: tarifas monomías, tarifa binomías sin medición horario estacional, tarifa binomías con medición horario estacional.

En las tarifas monomías se paga solamente por los kWh de energía consumida en el período de facturación. En las tarifas binomías sin medición horario estacional se paga por los kWh de energía consumida y por los kW de demanda máxima. La demanda máxima es la suma de las potencias de los equipos eléctricos registrada en cualquier período del tiempo de facturación, cabe mencionar que el medidor registra cada 15 minutos la demanda de la empresa en ese instante y al final del mes se cobra la factura en base a la mayor demanda de potencia registrada. En las tarifas binomías con medición horario estacional se paga por los kWh de energía consumida y por los kW de demanda máxima, cabe mencionar que por ser tarifa horaria el costo del kWh de energía y los kW de demanda máxima tienen costos para la estación de invierno y costos para la estación verano, además existen costos para los diferentes horas

### **Composición de la factura eléctrica.**

La factura eléctrica está compuesta por:

- Consumo de energía
- Demanda de potencia
- Factor de Potencia (según la tarifa contratada)
- Comercialización
- Regulación INE

- 
- Alumbrado público
  - IVA (Impuesto).

De estos rubros la empresa consumidora puede disminuir o incrementar el consumo de energía y demanda de potencia, de aquí la importancia de llevar un control de sus parámetros de consumo el cual da la pauta para reducir los costos de energía eléctrica.

### **Consumo de energía**

Es el consumo de energía que puede disminuir mediante la reducción de los tiempos de operación y programación regulada de los equipos eléctricos, evitando operar equipos cuando estos no sean necesarios, seleccionando equipos de alta eficiencia, etc.

### **Demanda de potencia**

La demanda de potencia es la carga en kW solicitada a la fuente de suministro en el punto de recepción en un momento determinado. Se puede reducir mediante una programación regulada de la operación de los equipos eléctricos en la empresa o industria.

#### **4.2.4.1 Factor de potencia según la tarifa contratada.**

##### **a) Factor de potencia.**

Es el factor de aprovechamiento del consumo de energía, en trabajo útil o fuerza mecánica; es decir es el cociente de la potencia activa en kW entre la potencia aparente en kVA.

---

El Factor de Potencia puede tomar valores entre 0 y 1; INE autoriza a Unión Fenosa a imponer cargos a los consumidores que registren un factor de potencia por debajo de 0.85, que es el mínimo recomendable, lo que significa que:



**Figura 1.** Escala del Factor de Potencia.

Cuando se tiene un porcentaje menor al 85%, indica que del total de la energía abastecida por la Distribuidora sólo el 85% de la energía es utilizada por el Cliente mientras que el 15 % restante es energía que se desaprovecha y la empresa distribuidora aplica un cargo.

Los motores de inducción producen un bajo factor de potencia, especialmente cuando trabajan por debajo del 50% de la carga. Operar con un bajo factor de potencia, tiene varias implicaciones, como son: el incremento en el pago de la energía eléctrica y la disminución de la capacidad de los equipos para transformar y distribuir la energía eléctrica.

En los artefactos tales como lámparas incandescentes (focos), duchas eléctricas y cocinas eléctricas, toda la energía que requieren para su funcionamiento se transforma en energía lumínica o energía calórica, en estos casos el Factor de Potencia toma valor 1 (100 % energía activa).

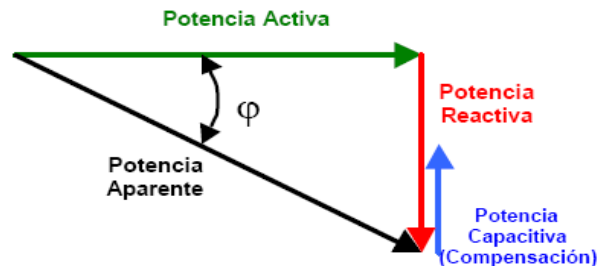
En otros artefactos, como refrigeradoras, equipos de aire acondicionado, ventiladores y todos aquellos que poseen un motor para su funcionamiento, como también los tubos fluorescentes, entre otros, una parte de la energía se transforma en energía mecánica, frío, luz o movimiento (energía activa), y la parte restante requiere otro tipo de energía, llamada **energía reactiva**, que es necesaria para su propio funcionamiento. En estos casos, el Factor de Potencia toma valores menores a 1.

---

Resumiendo, la energía que se transforma en trabajo, se la denomina **ENERGIA ACTIVA**, mientras que la usada por el artefacto eléctrico para su propio funcionamiento, se la llama **ENERGIA REACTIVA**.

En los circuitos eléctricos de corriente directa, la potencia es el producto del voltaje por la corriente, en corriente alterna, se presenta un ángulo  $\phi$ ; el coseno de este es un factor de corrección por el que hay que multiplicar el producto del voltaje por la corriente, para obtener la potencia real, es decir:  **$P = 3 V \cdot I \cdot \cos \phi$** .

El llamado triángulo de potencias es la mejor forma de ver y comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia o coseno de “fi” ( $\cos \phi$ ) y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna. Cargas con un bajo factor de potencia exigen al sistema de alimentación que genere y transmita una mayor cantidad de corriente, entregando así, mayor potencia total de la necesaria para realizar el trabajo. El triángulo de potencias se muestra en la siguiente figura:



**Figura 2.** Triángulo de Potencias.

Como se puede observar en el triángulo de la figura 2, el factor de potencia o coseno de “fi” ( **$\cos \phi$** ) representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (**P**) y la potencia aparente (**S**), es decir, la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna.

Esta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la siguiente fórmula:

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$

---

Donde:

$\cos \varphi$ : Factor de Potencia

P: Potencia activa (kW)

S: Potencia aparente (kVA).

### **Inconvenientes que ocasiona un bajo de potencia.**

En caso que el Factor de Potencia sea inferior a 0,85, implica que los artefactos tienen elevados consumos de energía reactiva respecto a la energía activa, produciéndose una circulación excesiva de corriente eléctrica en sus instalaciones y en las redes de la Empresa Distribuidora, además:

- Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión.
- Aumento de la intensidad de corriente
- La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida de su aislamiento.
- Aumenta la potencia aparente entregada por el transformador para igual potencia activa utilizada.
- Aumentos en sus facturas por consumo de electricidad.

Además, produce alteraciones en las regulaciones de la calidad técnica del suministro (variaciones de tensión), con lo cual empeora el rendimiento y funcionamiento de los artefactos y quita capacidad suficiente de respuesta de los controles de seguridad como ser interruptores, fusibles, etc.

El calibre de los conductores y capacidad de los equipos, se diseñan para un cierto valor de corriente; para no ser dañados, se deben operar sin que la corriente sobrepase el valor de diseño. El exceso de corriente, debido al bajo factor de potencia, puede obligar a utilizar conductores de mayor calibre.

En la mayoría de los casos cuando actúan interruptores o fusibles se culpa a la mayor carga conectada y generalmente se piensa en ampliar la potencia



---

del transformador sin antes verificar el Factor de Potencia.

### **¿Por qué elevar el factor de potencia?**

- Elimina el cargo del Sector Eléctrico.
- Reduce la carga en el equipo de distribución y en los transformadores.
- Disminuye las pérdidas por efecto Joule ( $I^2 \cdot R$ ) en transformadores, cables de distribución y otros equipos; resultando un ahorro directo en el consumo de energía.

### **Control del factor de potencia.**

Los excesivos consumos de energía reactiva pueden ser compensados con capacitores. Éstos son elementos eléctricos que, instalados correctamente y con el valor adecuado, compensan la energía reactiva necesaria requerida por la instalación interior, elevando el Factor de Potencia por sobre los valores exigidos. Estos elementos deben ser conectados por electricistas especializados, ya que este tema presenta cierta complejidad.

Para el uso racional de la energía, es prioritaria la corrección del Factor de Potencia. En la compra de artefactos y maquinarias existen algunas marcas que ya traen compensada esta energía a valores exigibles.

Un mantenimiento de valores controlados del Factor de Potencia beneficiarán a la empresa, institución o industria lo cual:

- Aumentará la vida útil de la instalación.
- Evitará la penalización en la facturación.
- Mejorará la calidad del producto técnico del suministro que recibe el Cliente.
- Mejorará la regulación de la tensión del suministro.
- Reducirá las pérdidas por recalentamiento en líneas y elementos de distribución.

---

### **4.3 Sistema de refrigeración**

El efecto de refrigerante es el resultado del aumento de la entalpía del refrigerante en el evaporador.

En general se define la refrigeración como cualquier proceso de eliminación de calor, más específicamente, se define a la refrigeración como la rama de la ciencia que trata con los procesos de inducción y mantenimiento de la temperatura de un espacio o material a temperatura inferior con respecto de los alrededores correspondientes.

Para lograr lo anterior, debe sustraerse calor del cuerpo que va a ser refrigerado y ser transferido a otro cuerpo cuya temperatura es inferior a la del cuerpo refrigerado. Debido a que el calor eliminado del cuerpo refrigerado es transferido a otro cuerpo, es evidente que refrigeración y calentamiento son en realidad los extremos opuestos del mismo proceso.

#### **Necesidad de aislamiento térmico.**

Debido a que el calor siempre fluye de una región de temperatura alta a una región de temperatura baja, siempre se tendrá un flujo de calor hacia la zona refrigerada de los alrededores calientes. Para limitar el flujo de calor hacia la región refrigerada de manera que sea un mínimo, resulta necesario aislar la región de sus alrededores con un buen material aislante de calor.

#### **La carga de refrigeración.**

Es la velocidad a la cual deba ser el calor eliminado, de un espacio o material refrigerado a fin de producir y mantener las condiciones deseadas de temperatura a esto se le llama carga de refrigeración o la carga térmica. En casi todas las aplicaciones de refrigeración, la carga de enfriamiento del equipo de refrigeración es la suma de las ganancias de calor proveniente de diferentes fuentes: (1) el calor transmitido por conducción a través de paredes aisladas, (2) el

---

calor que debe ser eliminado del aire caliente que llega al espacio a través de puertas que se abren y cierran, (3) el calor que debe ser eliminado del producto refrigerado para reducir la temperatura del producto a la temperatura de almacenamiento y (4) el calor cedido por la gente que trabaja en el espacio y por motores, alumbrado y otros equipos que producen calor y que operan en el mismo espacio.

### **El agente refrigerante.**

En cualquier proceso de refrigeración, la sustancia empleada para absorber calor o agente de enfriamiento, se le llama refrigerante.

Todos los procesos de enfriamiento pueden clasificarse como sensibles o latentes de acuerdo al efecto que el calor absorbido tiene sobre el refrigerante. Cuando el calor absorbido causa un aumento en la temperatura del refrigerante, se dice que el proceso de enfriamiento es sensible, mientras que cuando el calor absorbido cause un cambio en el estado físico del refrigerante (ya sea una fusión o vaporización) se dice que el proceso de enfriamiento es latente. Para cualquiera de ambos procesos si el proceso refrigerante es secuencial, la temperatura del refrigerante debe mantenerse en forma continua por debajo de la del material o del espacio que está siendo refrigerado.

#### **4.3.1 Compresor.**

La función principal del compresor de refrigeración es, aumentar la presión de evaporización, hasta la presión a la cual el gas puede ser condensado, la presión debe aumentar hasta alcanzar la presión de saturación correspondiente a la temperatura de condensación.

Esta función principal produce algunas funciones secundarias, si bien son necesarias. La elevada presión de descarga proporciona la energía necesaria para hacer que el refrigerante, circule a través de la tubería y el equipo, venciendo

---

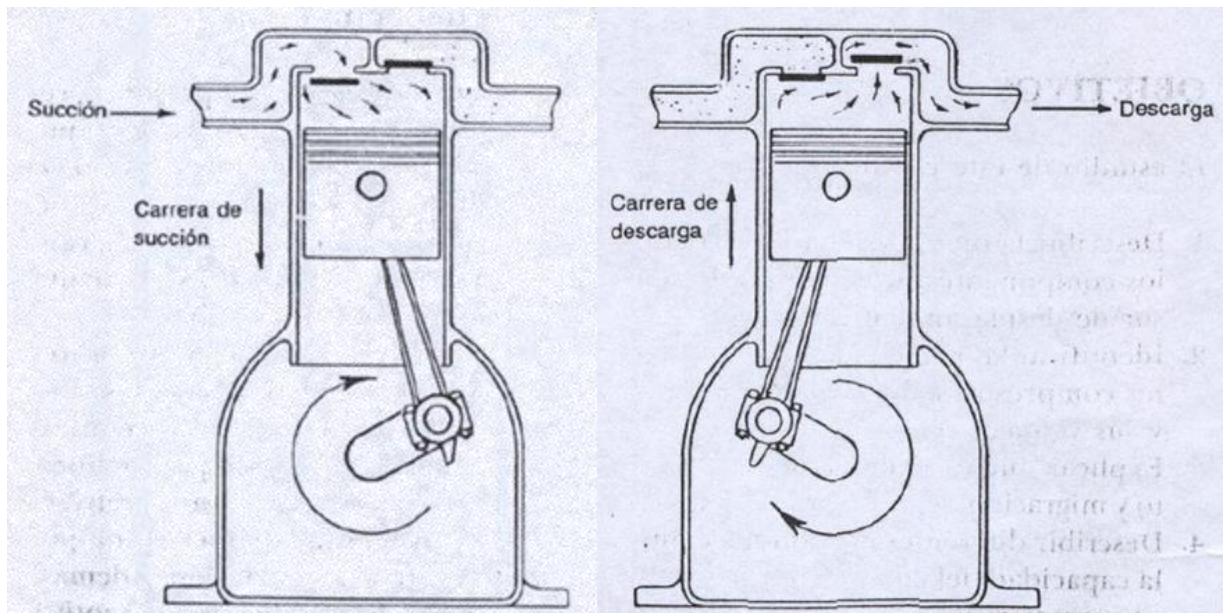
la resistencia por fricción, además el gran diferencial de presión creado, motiva la expansión súbita en el dispositivo de control de flujo, causando una caída de temperatura.

Los compresores de refrigeración pueden clasificarse en dos grupos principales, dependiendo de cómo se logra el aumento de la presión del gas. A los compresores de primer grupo **“Desplazamiento Positivo”** y segundo grupo **“Compresores dinámicos”**.

Existen tres tipos de compresores de desplazamiento positivo: Reciprocante (el cual será el motivo de estudio), rotatorio y helicoidal (de tornillo).

### 1. Compresor Reciprocante:

Todos los compresores de desplazamiento positivo, para aumentar la presión del gas, admiten una determinada cantidad de este a un volumen limitado y en seguida reducen este volumen. La disminución del volumen del gas hace que la presión del mismo aumente.



**Figura 3.** Operación del compresor reciprocante.

- 
- **Carrera de succión.** El aumento del volumen reduce la presión en el cilindro. La presión en la línea de succión, obliga a la válvula de succión a abrirse. La presión en la línea de descarga mantiene cerrada la válvula de descarga.
  - **Carrera de descarga:** Es la disminución del volumen eleva la presión del cilindro, obligando a la válvula de descarga abrirse. La presión en el cilindro mantiene cerrada la válvula de succión.

#### **a. Válvulas del compresor reciprocante**

El compresor reciprocante de refrigeración utiliza dos tipos de válvulas, de succión y de descarga. Uno de ellos es del tipo aleta, de lengüeta o flexible, que consiste en una lámina delgada de acero flexible sujeta en un extremo o a la mitad, por el común tiene la forma de lengüeta que cubren los orificios en el plato de la válvula, el diferencial de presión obliga al extremo libre de la válvula a separarse del orificio. Cuando la presión no actúa, la lengüeta vuelve a la posición normal.

#### **4.3.2 Funcionamiento de Condensadores.**

El condensador en un sistema de refrigeración juega un papel muy importante ya que éste tiene la función de poner en contacto los gases que provienen del compresor con un medio para licuarlo bajando su temperatura hasta el punto de condensación obteniendo un estado líquido del refrigerante. Mientras más baja sea la temperatura de condensación mayor será el aprovechamiento del trabajo del compresor; en cambio entre mayor sea la temperatura de condensación menor será el aprovechamiento del trabajo del compresor. En otras palabras cuando las temperaturas de condensación son muy altas (mayores a 35°C) la capacidad del grupo de compresores se ve disminuida.

Los tipos de condensadores más comunes son los de casco y tubo y los evaporativos, este último tiene la ventaja que consume un 15% menos de energía eléctrica que los de tipo casco y tubo.

---

### 4.3.3 Refrigerante y el Amoniaco.

Es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Con respecto al ciclo *compresión-vapor*, el refrigerante es el fluido de trabajo del ciclo el cuál alternativamente se vaporiza y se condensa absorbiendo y cediendo calor, respectivamente.

Para que un refrigerante sea apropiado y se le pueda usar en el ciclo antes mencionado, debe poseer ciertas propiedades físicas, químicas y termodinámicas que lo hagan seguro durante su uso. No existe un refrigerante “ideal” ni que pueda ser universalmente adaptable a todas las aplicaciones.

Entonces, un refrigerante se aproximará al “ideal”, solo en tanto que sus propiedades satisfagan las condiciones y necesidades de la aplicación para la que va a ser utilizado.

#### a) Propiedades

Para tener uso apropiado como refrigerante, se busca que los fluidos cumplan con la mayoría de las siguientes características:

- ***Baja temperatura de ebullición:*** Un punto de ebullición por debajo de la temperatura ambiente, a presión atmosférica (Evaporador).
- ***Fácilmente manejable en estado líquido:*** El punto de ebullición debe ser controlable con facilidad de modo que su capacidad de absorber calor sea controlable también.
- ***Alto calor latente de vaporización:*** Cuanto mayor sea el calor latente de vaporización, mayor será el calor absorbido por kilogramo de refrigerante en circulación.
- ***No inflamable, no explosivo, no tóxico.***

- 
- **Químicamente estable:** A fin de tolerar años de repetidos cambios de estado.
  - **No corrosivo:** Para asegurar que en la construcción del sistema puedan usarse materiales comunes y la larga vida de todos los componentes.
  - **Moderadas presiones de trabajo:** las elevadas presiones de condensación (mayor a 25-28kg/cm<sup>2</sup>) requieren un equipo extra pesado. La operación en vacío (menor a 0kg/cm<sup>2</sup>) introduce la posibilidad de penetración de aire en el sistema.
  - **Fácil detección y localización de pérdidas:** Las pérdidas producen la disminución del refrigerante y la contaminación del sistema.
  - **Inocuo para los aceites lubricantes:** La acción del refrigerante en los aceites lubricantes no debe alterar la acción de lubricación.
  - **Bajo punto de congelación:** La temperatura de congelación tiene que estar muy por debajo de cualquier temperatura a la cuál pueda operar el evaporador.
  - **Alta temperatura crítica:** Un vapor que no se condense a temperatura mayor que su valor crítico, sin importar cuál elevada sea la presión. La mayoría de los refrigerantes poseen críticas superiores a los 93°C.
  - **Moderado volumen específico de vapor:** Para reducir al mínimo el tamaño del compresor.
  - **Bajo costo:** A fin de mantener el precio del equipo dentro de lo razonable y asegurar el servicio adecuado cuando sea necesario.

#### **b) Economía**

Las propiedades más importantes del refrigerante que influyen en su capacidad y eficiencia

Son:

- 
- El calor latente de Evaporación
  - La relación de compresión
  - El calor específico del refrigerante tanto en estado líquido como de vapor

Excepto para sistemas muy pequeños, es deseable tener un valor alto de calor latente para, que sea mínimo el peso del refrigerante circulando por unidad de capacidad. Cuando se tiene un valor alto del calor latente y un volumen específico bajo en la condición de vapor, se tendrá un gran aumento en la capacidad y eficiencia del compresor, lo que disminuye el consumo de potencia. Y permite el uso de un equipo pequeño y más compacto. En los sistemas pequeños, si el valor del calor latente del refrigerante es muy alto, la cantidad de refrigerante en circulación será insuficiente como para tener un control exacto del líquido.

Es mejor tener un calor específico bajo, en el líquido y un valor alto en el vapor en tanto que ambos tiendan a aumentar el efecto refrigerante por unidad de peso, el primero se logra aumentando el efecto de sub enfriamiento y el último disminuyendo el efecto de sobrecalentamiento. Cuando se cumplen estas condiciones en un fluido simple, se logrará mejorar la eficiencia del cambiador de calor líquido-succión.

### **Amoníaco**

Cada ciclo requiere un fluido de trabajo y en el ciclo frigorífico se trata del refrigerante. En el ciclo frigorífico, el refrigerante se encarga de transportar calor. En este caso se utiliza la gran absorción de energía de la evaporación o el suministro de energía de la condensación de un Líquido. Para poder llevar esto a cabo con las temperaturas normales de una instalación frigorífica con presiones controlables.





Figura 4. Ciclo de refrigeración

- 1 – 2 Compresión politrópica en la presión de condensación (para comparar
- 1 – 2' compresión isentrópica)
- 2 – 2'' Refrigeración isobárica, enfriamiento del vapor sobrecalentado
- 2'' – 3' Condensación isobárica
- 3' – 3 Refrigeración isobárica, subenfriamiento del líquido
- 5 – 4 Expansión isentálpica en la presión de evaporación
- 4 – 1' Evaporación isobárica
- 1' – 1 Calentamiento isobárico, sobrecalentamiento del vapor

Aunque el amoníaco es tóxico, algo inflamable y explosivo bajo ciertas condiciones, sus excelentes propiedades térmicas lo hacen ser un refrigerante ideal para fábricas de hielo, para grandes almacenes de enfriamiento, etc., donde se cuenta con los servicios de personal experimentado y donde su naturaleza tóxica es de poca consecuencia.

El amoníaco es el refrigerante que tiene más alto efecto refrigerante por unidad de peso. El punto de ebullición del amoníaco bajo la presión atmosférica estándar es de  $-2,22^{\circ}\text{C}$ , las presiones en el evaporador y el condensador en las condiciones

---

de tonelada estándar es de  $-15^{\circ}\text{C}$  y  $30^{\circ}\text{C}$  son 34,27 libras por pulgada<sup>2</sup> y 169,2 libras por pulgada<sup>2</sup>, respectivamente, pueden usarse materiales de peso ligero en la construcción del equipo refrigerante.

La temperatura adiabática en la descarga es relativamente alta, siendo de  $98,89^{\circ}\text{C}$  para las condiciones de tonelada estándar, por lo cual es adecuado tener enfriamiento en el agua tanto en el cabezal como en el cilindro del compresor.

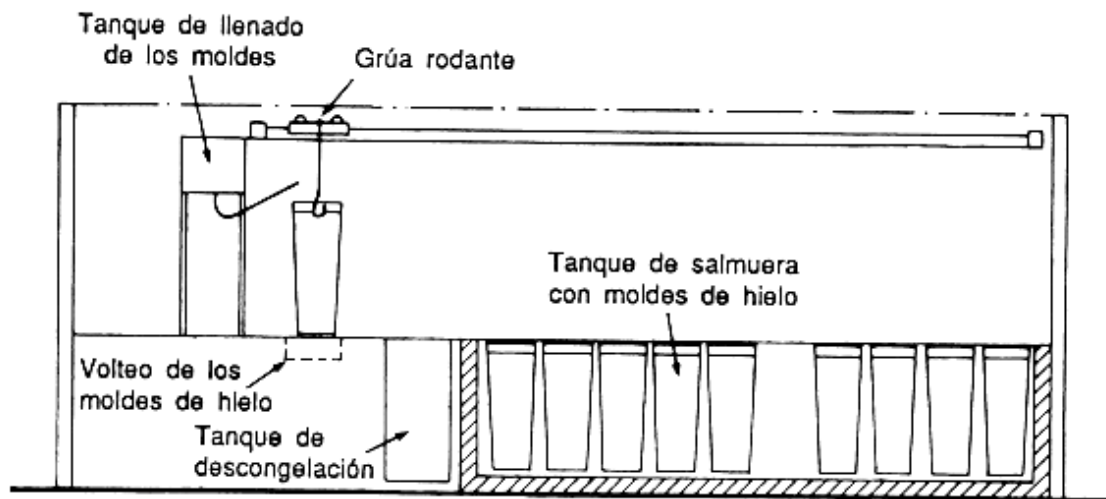
En la presencia de la humedad el amoníaco se vuelve corrosivo para los materiales no ferrosos. El amoníaco no es miscible con el aceite y por lo mismo no se diluye con el aceite del cárter del cigüeñal del compresor. Deberá usarse un separador de aceite en el tubo de descarga de los sistemas de amoníaco.

El amoníaco es fácil de conseguir y es el más barato de los refrigerantes. Su estabilidad química, afinidad por el agua y no-miscibilidad con el aceite, hacen al amoníaco un refrigerante ideal para ser usado en sistemas muy grandes donde la toxicidad no es un factor importante.

### **Salmuera y Pilas de congelamiento**

Salmuera es agua con una alta concentración de sal disuelta ( $\text{NaCl}$ ). La Salmuera (disolución de sal común con agua): Suele emplearse en las instalaciones frigoríficas, para transportar el frío desde el líquido o gas frigorífero hasta las camas de refrigeración; esto se debe a la baja temperatura de congelación de la salmuera, que le permite transmitir el frío sin cristalizarse.

En sistemas de refrigeración, como medio de transmisión del calor, se utilizan estas pilas de congelamiento para la obtención de hielo en moldes sumergidos en la salmuera, ya que debido a su bajo punto de congelación (solidificación), se utiliza como refrigerante secundario.



**Figura 5.** Descripción del proceso de congelamiento por salmuera

Está construido de una combinación de hierro y paredes de concreto. En el piso superior se ubican los moldes agrupados en una armazón, que recibe el nombre de bancada. La chapa que divide los dos pisos del estanque tiene agujeros que permiten la comunicación de ambas divisiones. En ellas penetra el amoniaco a través de una válvula, y al expandirse absorbe el calor de la salmuera y la enfría.

El amoniaco, una vez cumplido su ciclo de enfriamiento, es enviado a recipientes especiales, llamados condensadores, donde es comprimido. Estos recipientes son continuamente refrigerados mediante una corriente de agua; de esta manera, el amoniaco, por efecto de la presión a que es sometido y la simultánea refrigeración, pasa nuevamente al estado líquido y puede ser utilizado en otra etapa.

### c) **Bloque de hielo**

El hielo en bloques es la forma de hielo más vendido debido a que los bloques de hielo se derriten más lentamente que los otros tipos de hielos, su forma rectangular lo hace fácil de elevar hasta unos 15 metros, los bloques de hielo también son separados fácilmente para almacenarlo en grandes cantidades. Otros

---

tipos de hielos tienen la tendencia de congelarse en conjunto en una masa sólida haciendo difícil su manipulación y trabajo.

Otro de los beneficios de producir bloques de hielo es su facilidad de transporte. Cuando son enviados a localidades que están a menos de cuatro horas, los bloques de hielo pueden ser colocados en la parte trasera de un camión con sólo una tela asfáltica o un toldo para protegerlo de otros elementos.

## CAPITULO V: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Tipo de tarifa eléctrica de la empresa y consumo anual de energía eléctrica.

La empresa está sujeta a la tarifa T-4E Industrial Mediana, los costos de dicha tarifa se pueden observar en la. Siguiente Tabla, descripción y costos de tarifa eléctrica. **(INSTITUTO NICARAGUENSE DE ENERGÍA ENTE REGULADOR)**

**Tabla 1. Descripción de la Tarifa eléctrica <sup>3</sup> para la empresa**

<b>INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA ENTE REGULADOR</b> TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE OCTUBRE DEL 2012 AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR MEDIA TENSION (VOLTAJE PRIMARIO EN 13.8 Y 24.9 kV)					
TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR	
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (C\$/kWh)	POTENCIA (C\$/kW-mes)
GENERAL MAYOR	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc)	T-2D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	4.4504	
			kW de Demanda Máxima		653.8720
		T-2E	TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	7.2442	
			Invierno Punta	7.0134	
			Verano Fuera de Punta	5.0060	
			Invierno Fuera de Punta	4.8380	
			Verano Punta		728.0673
			Invierno Punta		454.6896
			Verano Fuera de Punta		0.0000
			Invierno Fuera de Punta		0.0000
INDUSTRIAL MEDIANA	Carga contratada mayor de 25 y hasta 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc.)	T-4D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	3.7216	
			kW de Demanda Máxima		423.7032
		T-4E	TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	5.4565	
			Invierno Punta	5.2784	
			Verano Fuera de Punta	3.6272	
			Invierno Fuera de Punta	3.5067	
			Verano Punta		548.2219
			Invierno Punta		342.3773
			Verano Fuera de Punta		0.0000
			Invierno Fuera de Punta		0.0000

La principal característica de esta tarifa eléctrica se menciona a continuación

- Se encuentra sujeta a media tensión voltaje primario en 13.8 y 24.9 kV
- Una carga contratada mayor de 25 hasta 200 kW, para uso industrial, talleres, fábricas, etc.

<sup>3</sup> Tomado del pliego tarifario del Instituto Nicaragüense de Energía (INE) actualizado al mes de octubre del 2012

Nota. El periodo punta comprende de las 6:00 pm a las 10:00 pm.

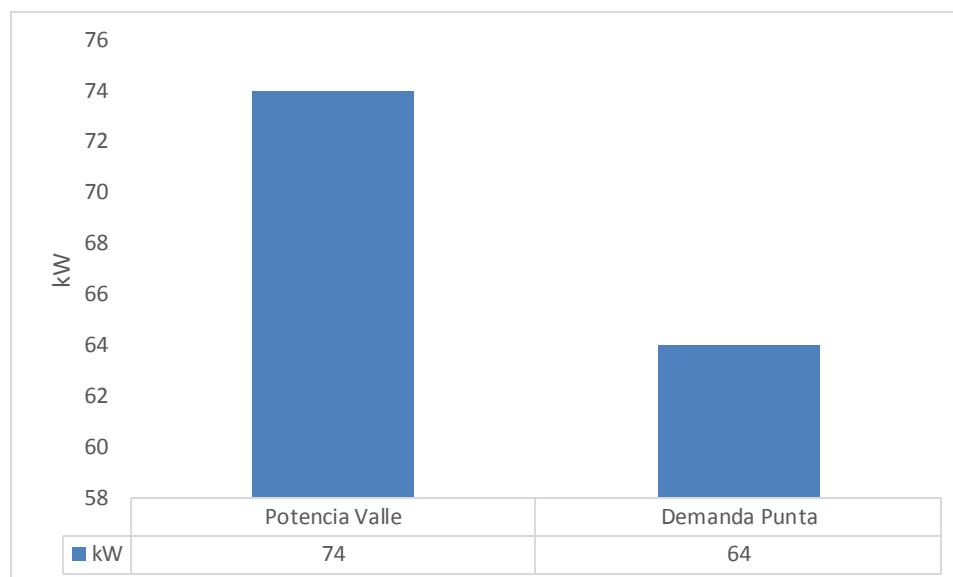
- 
- El costo del consumo eléctrico es diferenciado de acuerdo a la estación de año y el horario de penalización que comprende de 6:00 p.m. a 10:00 p.m.
  - Para los periodo fuera de punta los costos son menores, por lo que la empresa debe aprovechar esta ventaja para la optimización de los costos de facturación,
  - Posee también una ventaja con respecto al costo de la demanda de potencia, ya que periodo fuera de punta el costo es cero, esto es debido para estimular reducir la demanda de potencia del país y optimizar los generadores.

## **5.2 Característica del consumo eléctrico y demanda de potencia de la empresa**

Como medida la empresa, realiza su operación en 20 horas al día, para aprovechar el costo diferenciado de la demanda, dejando únicamente de operar 4 horas al día, en el periodo punta.

### **5.2.1 Demanda de potencia**

Para determinar cómo la empresa utiliza el recurso energético se presenta la distribución de la demanda de potencia en el periodo valle y en punta.

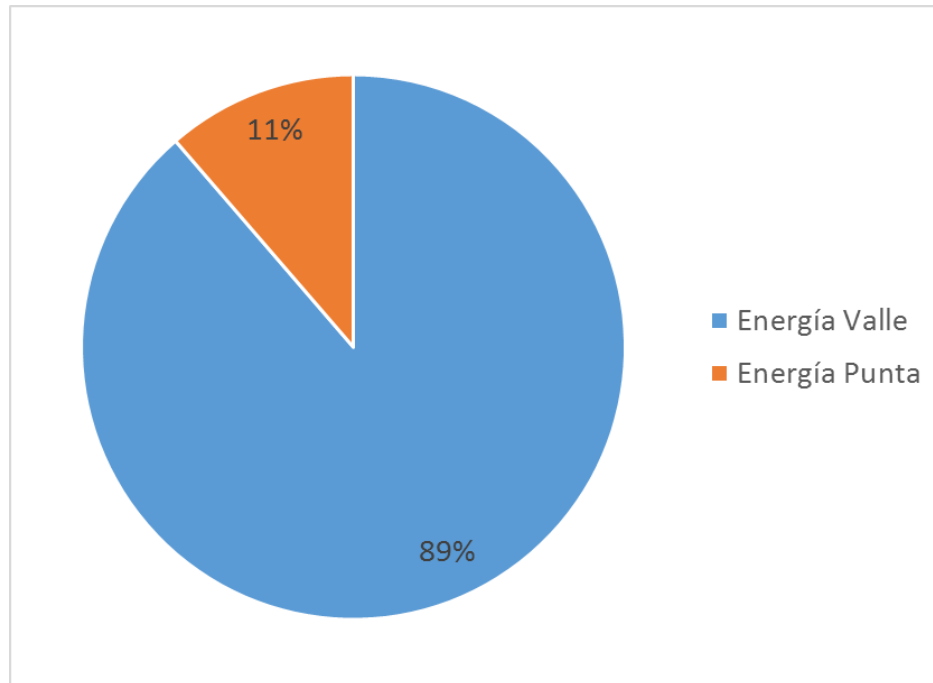


**Figura 6. Distribución de la demanda de potencia**

Según los registros de facturación eléctrica existe uso de la demanda de potencia en periodo punta, del total de la demanda con 64 kW se registra en el periodo de 6:00 p.m a 10:00 p.m., para el tipo de tarifa eléctrica, se aplica multa para este periodo.

La orientación del responsable de producción es desconectar los equipos a las 5:30 p.m. dejando un margen de seguridad para evitar multas. Sin embargo se sigue registrando el medidor que existe uso de los equipos en este periodo. En promedio la demanda de potencia es de 64 kW equivalente a un incremento en la factura eléctrica **de U\$ 743 por mes.**

A continuación se presenta la distribución porcentual del consumo eléctrico en periodo punta y valle, donde el consumo promedio mensual es de **26,262 kWh/mes**, lo cual corresponde a un costo de facturación de **US\$ 4,789.00 por mes).**



**Figura 7.** Consumo de energía eléctrica

La figura anterior confirma que existe un uso del recurso eléctrico en periodo punta donde el 11% del consumo total se refleja en este horario, como medida se instaló un sistema de control de encendido de equipo, conocidos como timer, ubicado en el panel eléctrico principal que controla el horario de operación, aunque el operario desee operar el equipo. De esta manera se corrigió las multas en horario punta.

### **5.2.2 Factor de potencia.**

Otro factor importante que se debe controlar es el factor de potencia, el cual mide el aprovechamiento de la energía en la empresa y está muy relacionado con la eficiencia de los equipos instalados. Si éste se encuentra por debajo de 0.85 el distribuidor de la energía eléctrica emite una multa (autorizado por el ente regulador INE) calculada en base a los costos de energía consumida y potencia demandada en el periodo de facturación<sup>4</sup>.

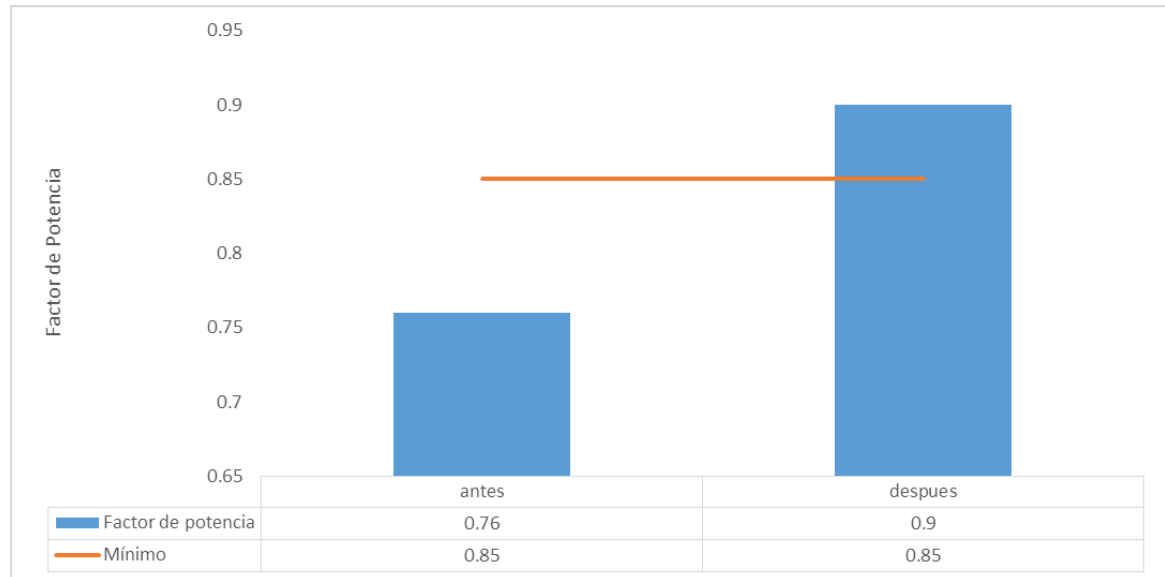
---

<sup>4</sup> **Costo de Multa** = (Costo por energía consumida + Costo por demanda máxima de potencia) x (0.85 - Factor de potencia de la empresa).



**Ecuación 5.** Costo de Multa = (Costo por energía consumida + Costo por demanda máxima de potencia) x (0.85-Factor de potencia de la empresa).

A continuación se presenta el antes y después del estado del factor de potencia que registraba la empresa.



**Figura 8.** Factor de potencia en Proyecciones Industriales S.A., Hielo CELSA

Según los registros de facturación eléctrica la empresa poseía un bajo factor de potencia de 0.76 recibiendo multas de **USD\$320.42/mes** incrementando el costo de facturación eléctrica. Durante la inspección hecha se manifestó al gerente de producción la oportunidad de optimizar el costo de facturación al incorporar un banco de compensación de 36.55 Q (kVar)<sup>5</sup>

Ecuación 6.  $Q_c = \text{Potencia Activa} \times \text{Factor K (0.430)}$

$$Q_c = 85 \text{ kW} \times 0.430 = 36.55 \text{ kVar}$$

<sup>5</sup> Ver anexos VI tabla de factor K

En la mejora continua el gerente realizo la compra de este sistema de compensación con una inversión estimada de **USD\$ 864**, logrando obtener valores a 0.90 en el factor de potencia; recuperándose la inversión en menos de tres meses.

### 5.2.3 Distribución del consumo de energía eléctrica

Para conocer cómo se distribuye el consumo eléctrico comercial, se debe tomar en cuenta la potencia kW, de cada motor eléctrico, horas de operación por mes, días al mes en uso, donde este cálculo muestra el consumo al mes de cada equipo. A continuación se presenta la tabla de distribución de consumo eléctrico.

Tabla 2. Detalles de la distribución del consumo eléctrico

Equipo	Potencia kW	Horas de Operación	Días mes	Consumo kWh/mes=kW*h*d	%
<b>Motor Compresor Vilter 1</b>	33	18	30	17,820	67.9%
<b>Motor Compresor Vilter 2</b>	33	4	12	1,584	6.0%
<b>Motor Compresor Worthinton</b>					
<b>Condensador (motor ventilador y Bomba) Pila 1</b>	3.4	18	30	1,836	7.0%
<b>Condensador (motor ventilador y Bomba) Pila 2</b>	3.4	18	30	1,836	7.0%
<b>Motor Agitador de Salmuera Pila 1</b>	0.35	18	30	189	0.7%
<b>Motor Agitador de Salmuera Pila 2</b>	0.35	18	30	189	0.7%
<b>Motor Bomba de Circulación de Salmuera a cuarto de Almacenamiento</b>	0.28	18	30	151	0.6%
<b>Motor Máquina Trituradora</b>	2.1131	12	30	785	3.0%
<b>Motor Bomba de Pozo</b>	0.854845	20	30	513	2.0%
<b>Iluminación y Oficina</b>				159	0.6%
<b>Otros Consumos</b>				1,200	4.6%
<b>Total</b>				<b>26,262</b>	<b>100.0%</b>

La tabla anterior muestra el porcentaje de consumo eléctrico, basados que la empresa posee un promedio de 26,262 kWh/mes, donde el compresor vilter 1 posee un consumo 67.9% equivalente a 17,820 kWh/mes. El segundo equipo es el vilter 2 que es utilizado como respaldo en el caso de aumentar la capacidad de producción en pedidos especiales de entrega de productos.

Para lograr un mayor impacto a la optimización del consumo eléctrico se determinara la eficiencia de operación del compresor, para establecer el potencial de ahorro energético.

**5.2.4 Indicador de Producción.**

Se definió el indicador energético tomando como base el consumo eléctrico total y las unidades vendidas mensuales en toneladas. A continuación se presenta los resultados.



Figura 9. Indicador de consumo eléctrico

La figura muestra el comportamiento del indicador mensual del consumo eléctrico comercial para producir una tonelada de hielo, de igual manera se determinó que existe un punto de equilibrio, que la empresa debe establecer para optimizar el consumo eléctrico.

Se espera que al menos produzca 84 toneladas al mes para que los costos de operación no aumenten, en el registro se observan 4 meses que están por encima del indicador mínimo de producción, aumentando el consumo eléctrico.

---

### 5.2.5 Resumen del análisis del consumo eléctrico

La empresa posee una tarifa eléctrica horario estacional que le permite administrar la energía, reduciendo costos por demanda de potencia, sin embargo existe una mala práctica, y están recibiendo multas por uso de este recurso en periodo punta que comprende de 6:00 p.m. a 10:00 p.m.

Se encontró que existían multas por bajo factor de potencia, corrigiendo este parámetro con la colocación de un banco de compensación (pasando de 0.76 a 0.90 en el factor de potencia), se eliminó así las multas mensuales.

Se determinó el indicador de consumo eléctrico vs toneladas, definiendo que el mínimo a producir mensualmente es de 84 Ton para la optimización del consumo eléctrico.

Según el tiempo de operación y potencia de cada motor eléctrico se estableció la distribución del consumo eléctrico, definiendo que el compresor VILTER 1 posee un 67.9% del total del consumo eléctrico, mejorando este proceso se podrá alcanzar un mejor impacto en la reducción del consumo eléctrico.

## 5.3 Sistema de refrigeración

### 5.3.1 Capacidad del Sistema de Refrigeración.

La empresa posee tres compresores de refrigeración para refrigerante de amoníaco, dos de ellos con una capacidad de 20 toneladas de refrigeración y un tercero que está fuera de uso por mal estado que se desconoce la potencia.



Estos equipos poseen más de 30 años de operación y un estado deteriorado. La tecnología recíproca posee eficiencia de diseño baja, adicionalmente que la transmisión de la energía del motor al compresor se realiza por bandas, esto incrementa las pérdidas de energía y por consiguiente el consumo de energía eléctrica.

---

### 5.3.2 Eficiencia de compresores.

Con los datos de operación del sistema se calculó la eficiencia del sistema de refrigeración para valorar su posible sustitución, de acuerdo a las mediciones se estima que el COP (Coeficiente Optimo de Operación), el cual mide la eficiencia térmica, tiene un valor de 2.12 Watts térmicos / Watts eléctricos.

Ecuación 7.  $\text{COP Watts térmico / Watts eléctrico} = 20 \text{ t} * 12000 \text{ BTU/t} * 0.000293 / 33 \text{ KW}$

Esta relación quiere decir que por cada Watts de consumo del compresor este es capaz de enfriar 2.13 Watts de calor, mientras mayor sea este valor menor será el consumo de energía eléctrica. Actualmente los compresores de refrigeración son diseñados con un COP entre 3.5 y 4.5 Watts térmicos / Watts eléctricos, lo cual indica que los compresores que están instalados actualmente son muy deficientes en relación a la nueva tecnología disponible.

Por el ambiente salino se detectó que los accesorios y tuberías de distribución del refrigerante presentan fugas de amoníaco, lo que puede aumentar el consumo eléctrico por el mal estado de estos componentes.

### 5.3.3 Almacenamiento de hielo en marquetas.

Las marquetas de hielo son retiradas después de 24 horas de la pila de salmuera y colocadas en el cuarto frío, elaborado de paredes de madera, piso de concreto e intercambiador, utilizando salmuera para mantener el hielo congelado. Este cuarto frío tiene una capacidad de 450 marquetas,



Figura 11. Cuarto Frio

La principal característica de este cuarto es que utiliza salmuera en las pilas de congelación, haciéndolo pasar por un intercambiador de calor colocado en todo el cuarto.

---

Por este tipo de arreglo las marquetas se descongelan con facilidad; también el personal que retira el producto ensucia el piso, por consiguiente la marqueta está sucia y debe ser lavada, perdiendo peso o masa.



**Figura 12. Producto almacenado**

La forma de acomodar el producto, el primero en entrar el primero en salir, no sucede en la empresa ya que el producto almacenado en el fondo no es comercializado inmediatamente, perdiendo peso por falta de temperatura para mantenerlo congelado.

Durante un muestreo de temperatura se obtuvo el valor de 4 °C en el área de almacenamiento del mismo, no alcanzando la temperatura de congelación del agua. La temperatura máxima que se registra es de 27 °C en el momento en el cual se realiza el corte eléctrico que comprende de las 5:30 pm a 10:30 pm.

Otro aspecto es que el aislamiento del cuarto no es suficiente ya que en las horas de paro, la temperatura desciende hasta descongelar las marquetas.

**Pilas de congelación:** cuenta con dos pilas de congelación con capacidad de 304 y 234 marquetas (100 libras por marqueta) respectivamente. La capacidad instalada de la planta de hielo es de 53,800 libras por día (24.45 toneladas de hielo en 24 horas).

La pileta posee un agitador cercano al intercambiador que garantiza que el agua fría circule por todos los lados de los moldes sumergidos y así estandarizar la temperatura de la salmuera.



**Figura 13. Agitador de la pila**

A continuación se presenta un muestreo de la temperatura de la salmuera, donde se refleja la temperatura de congelación para los moldes sumergidos.

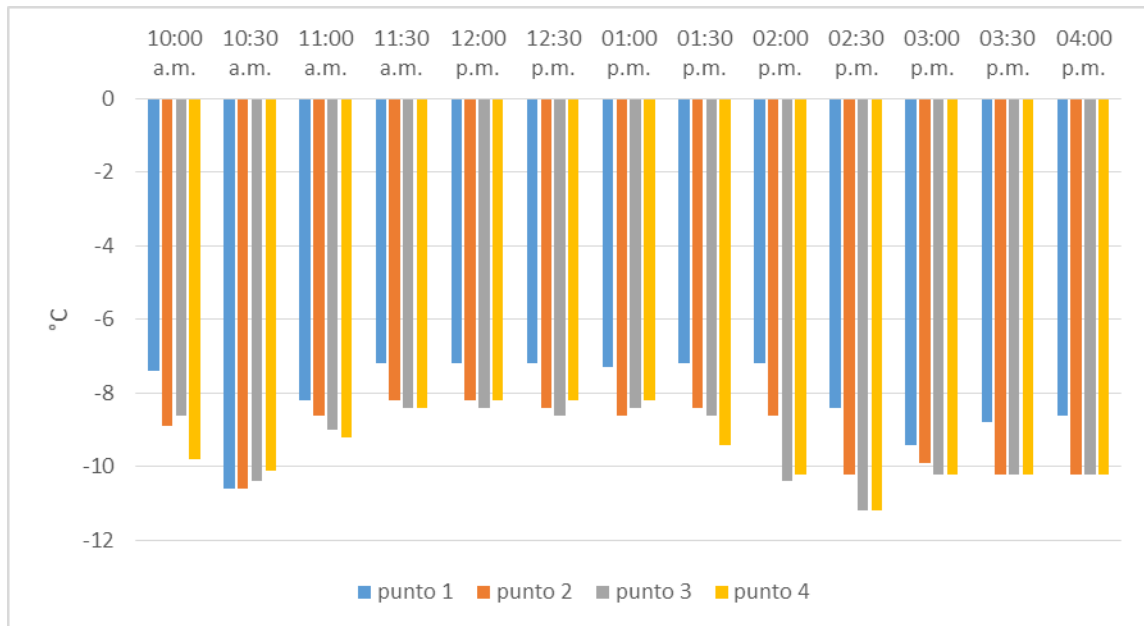


Figura 14. Muestreo de temperatura de la pila de congelación

La figura anterior muestra la variación de la temperatura en la pila de congelación o salmuera donde la máxima temperatura se registra es  $-11^{\circ}\text{C}$  y la mínima en  $-7^{\circ}\text{C}$ . Este muestreo se realizó en periodo de las 11:00 a.m. a 3:00 p.m... Aunque posee temperatura bajo cero para la congelación del hielo, se debe mejorar el sistema de sellado como las tapas de la pila, mejorar los moldes con exceso de material corroído. Para la optimización del proceso de congelamiento.

### 5.3.4 Resumen

La empresa posee tres compresores de los cuales solo uno está en operación de 20 TR, y el segundo logra operar para completar la carga de enfriamiento cuando existe una mayor demanda de producto.

---

El compresor posee una demanda de potencia de 33KW, con esta potencia se determinó que el COP se encuentra en 2.13 Watts térmico/watts eléctrico. En el mercado existen equipos de similar potencia, con una mejor eficiencia de operación para la optimización del consumo eléctrico.

La capacidad de producción es de 24.45 toneladas de hielo en 24 horas, donde los cuartos fríos presentan deficiencia en mantener los productos congelados por la falta de aislamiento y por el manejo inadecuado del producto almacenado produciéndose el deshielo.

#### **5.4 Análisis de las oportunidades de ahorro.**

Como resultado de la auditoría en eficiencia energética se determinaron las alternativas de ahorro en el consumo eléctrico, tomando en cuenta la capacidad de inversión de la empresa.

##### **5.4.1 Sustituir motor eléctrico del compresor VILTER 1 por motor de alta eficiencia**

El sistema de refrigeración ocupa motores de muchos años de operación, estos equipos no fueron pensados en ahorrar energía, una oportunidad es sustituir este equipo por un motor de eficiencia premium.

A continuación se presenta el beneficio a obtener por la implementación de esta tecnología

Eficiencia del motor estándar devanado =  $90.9 - (90.9 * 2\%) = 89.08$

Energía ahorrada =  $40 \text{ hp} * 0.745 * 0.9 (93.9/100 - 89.08/100) * 6,480 \text{ horas/año}$

Energía ahorra = 8,149 kWh/año

Consumo eléctrico anterior =  $40 \text{ hp} * 0.745 * 0.9 * 6,480 \text{ hora/año}$

Consumo anterior = 173,794 kWh/año



---

Porcentaje de reducción de consumo eléctrico = 4.68 %

**Reducción de emisión<sup>6</sup> de CO<sub>2</sub>** = 3,838.18 kg de CO<sub>2</sub> al año principal causante del efecto invernadero.

**Inversión:** Para la adquisición de este motor de 40 HP se requiere de una inversión estimada de USD 1,779.00<sup>7</sup>.

**Ahorro:** por la sustitución de este motor se obtendrá un ahorro económico es de USD \$ 1,239.00 al año.

**Periodo de recuperación:** Inversión/ahorro = 1,779/1,239 = 1.43 año

#### 5.4.2 Sustituir cuarto frio actual por cámara frigorífica.

**Descripción:** como se determinó que existe deficiencia en el cuarto frio por mal aislamiento de las paredes, puertas, tipo de piso que permite ensuciar el producto, además que no existe un equipo apropiado para mantener el producto.

A este equipo será agregado un sistema de enfriamiento para baja temperatura para controlar la calidad del producto almacenado.



**Figura 15. Cámara frigorífica**

**Inversión<sup>8</sup>:** la inversión estimada de este opción de mejora está relacionada a una cámara frigorífica de dimensiones: Alto (ft) 11.5, Ancho (ft) 9.8, Largo (ft) 18.4 y una unidad de 18,000 BTU para dejar de usar la salmuera como agente

---

<sup>6</sup> <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2emissionsfromfuelcombustion-highlights2013.pdf>

<sup>7</sup> [http://www.baldor.com/products/ac\\_motors.asp](http://www.baldor.com/products/ac_motors.asp)

<sup>8</sup> <http://www.frigidcoolers.com/cwc.html>

---

enfriador, y dejar de restar capacidad a la pila de congelación. Este tipo de tecnología posee una desventaja en nuestro país, ya que los proveedores nacionales no proveen de una cotización en tiempo lo que dificulta obtener un valor real de la inversión<sup>9</sup>, la inversión estimada asciende a **USD 5,795.00**

**Ahorro<sup>10</sup>:** Se determinó que el estado actual del cuarto frío requiere de 39,888 BTU/hr para lograr mantener la temperatura y si este logra optimizar la ganancia de calor se obtendrá una nueva capacidad de 15,367 BTU/hr. se pretende colocar un equipo de 18,000 BTU para bajas temperaturas (-10°C)

El ahorro será de  $39,888 \text{ BTU} - 18,000 \text{ BTU} = 21,888 \text{ BTU}$

Asumiendo que este ahorro de 21,888 BTU posee una eficiencia de operación de 11 BTU/W el equipo utilizado sería de 1,990 W (1.9 KW)

Ahorro en consumo eléctrico será de  $1.9 \text{ kW} * 6,480 \text{ hr/año} = 12,312 \text{ kWh/año}$  equivalente a

**Beneficio Ambiental:** Se ahorran 12,312 kWh<sup>11</sup> por año que equivalen a dejar de emitir 5,798.9 Kg de CO<sub>2</sub> al ambiente.

## 5.5 Cálculo del VPN y TIR

Todos los proyectos a realizar en una empresa deben poseer una característica de rentabilidad o periodo de recuperación menor de 5 años para ser atractivo para aplicar a un fondo de inversión privado. Para ello a continuación se presenta el resumen de las opciones del total de la inversión y ahorro, de igual manera se presenta un cálculo de VPN a 15% y TIR.

---

<sup>9</sup> Ver anexos VIII. Descripción del cuarto frigorífico

<sup>10</sup> Ver anexo VII. Cálculo de ganancia de calor

<sup>11</sup> [www.epa.gov](http://www.epa.gov) 1 kWh= 0.471 kg CO<sub>2</sub>

**Tabla 3. Factibilidad de la inversión.**

Opción	Inversión (U\$)	Ahorro (U\$/año)	VPN (U\$)	TIR %	Período de recuperación
<b>Sustituir motor eléctrico del compresor VILTER 1 por motor de alta eficiencia</b>	1,779.00	1,239	5,040	79%	1.43
<b>Sustituir cuarto frío actual por Cámara frigoríficas</b>	5,795	1,872	815	21%	3.09
<b>RESUMEN</b>	7,574	3,111	4,184	40%	2.36

**Nota.** El VPN<sup>12</sup> y la TIR<sup>13</sup> están evaluados para un periodo de 5 años y una tasa de interés del 15%.

### 5.5.1 Beneficio Ambiental

Como resultado de la implementación de las opciones de mejoras, es la reducción de consumo eléctrico, lo que equivale reducir las emisiones indirectas de CO<sub>2</sub>. A continuación se presentan los resultados.

<sup>12</sup> El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: MAXIMIZAR la inversión. El Valor Presente Neto permite determinar si dicha inversión puede incrementar o reducir el valor de las PyMES

<sup>13</sup> La tasa interna de retorno de una inversión o proyecto es la tasa efectiva anual compuesto de retorno o tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos como negativos) de una determinada inversión igual a cero.

**Tabla 4. Beneficios Ambientales**

Concepto	Cantidad
Reducción del consumo de energía Eléctrica.	20,461 kWh/año
Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub>	9,637.08 kg de CO <sub>2</sub> Principal causante del Efecto Invernadero

Las opciones recomendadas se consideran técnicamente factibles por las siguientes razones:

- Los accesorios y materiales utilizados para el desarrollo de las opciones se encuentran disponibles en el país, únicamente se debe dar seguimiento a las cotizaciones.
- Se cuentan con el personal capacitado para la aplicación de las opciones.
- Ninguna opción representa cambios en el proceso que afecten de forma negativa la calidad del producto

**Tabla 5. Factibilidad Técnica**

Opción	Requerimientos Técnicos	Disponibilidad
Sustituir motor eléctrico del compresor VILTER 1 por motor de alta eficiencia	Motor de eficiencia Premium de 40 hp	Existe distribuidores naciones para la adquisición de este equipo
Sustituir cuarto frío actual por Cámara frigoríficas	Cámara frigorífica modular con las dimensiones de Alto (ft) 11.5, Ancho (ft) 9.8, Largo (ft) y una unidad de 18,000 BTU para bajas temperaturas	En el mercado naciones existen proveedores de esta tecnología.

---

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES.

1. La empresa posee una tarifa eléctrica horario estacional que le permite administrar la energía, reduciendo costos por demanda de potencia, sin embargo existe una mala práctica, y están recibiendo multas por uso de este recurso en periodo punta que comprende de 6:00 p.m. a 10:00 p.m..  
.
2. Se determinó que existían también multas por bajo factor de potencia, corrigiendo este parámetro con la instalación de un banco de compensación, pasando de un factor de potencia de 0.76 a 0.90, eliminando así las multas mensuales.
3. Se determinó el indicador de consumo eléctrico vs toneladas, definiendo que el mínimo a producir mensualmente es de 84 toneladas, para la optimización del consumo eléctrico.
4. Según el tiempo de operación y potencia de cada motor eléctrico se determinó la distribución del consumo eléctrico, definiendo que el compresor VILTER 1 posee un 67.9% del total del consumo eléctrico, mejorando este proceso se podrá alcanzar un mejor impacto en la reducción del consumo eléctrico.
5. Un compresor tiene una capacidad de 20 TR, y se cuenta con un segundo compresor que opera para completar la carga de enfriamiento cuando existe una mayor demanda de producto.
6. Se determinó que el compresor posee una demanda de potencia de 33KW, con esta potencia se determinó que el COP se encuentra en 2.13 Watts térmico/watts eléctrico. En el mercado existen equipos de similar potencia,

---

con una mejor eficiencia de operación. El cual este es el punto de evaluación para la optimización del consumo eléctrico.

7. La empresa tiene una capacidad de producir 24.45 toneladas de hielo en 24 horas, donde los cuartos fríos presentan deficiencia en el proceso de mantenedora de los productos por falta de aislamiento correcto, manejo inadecuado del producto almacenado, reduciendo producto por deshielo.
8. Implementar las opciones de mejoras en las instalaciones físicas de HIELERA CELSA, ubicada en la ciudad de León, se traduciría en beneficios a la sociedad Nicaragüense y al medio ambiente. Al reducir el consumo eléctrico y por ende la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, permitiendo mayor disponibilidad de energía eléctrica para 136 familias que tienen una cuota de 150 kWh/mes.

---

## CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

Para que la empresa logre obtener mayor ahorro energético se recomienda acciones de mayor peso de inversión de los cuales se mencionan a continuación:

- **Sustitución de compresores actuales por compresor más eficientes:** realizar una sustitución de los compresores instalados por compresores más eficientes tipo tornillo, donde se incluye el sistema de distribución del refrigerante y accesorios del mismo. (Ver anexo II: Diagrama de presión y Vs entalpia utilizados para cálculo de eficiencia del compresor).
- **Sustituir el intercambiador de calor en pila de salmuera.** Este equipo se encuentra dañado por los años de uso y el ambiente salino que se encuentra han reducido la vida útil, donde se debe incluir el mantenimiento preventivo con mayor frecuencia de aplicación
- **Sustituir moldes para marquetas:** estos son moldes de muchos años de operación y han acumulado mucha corrosión exterior reduciendo la eficiencia del mismo, para el propósito que cumple.
- **Gestionar un segundo medidor:** la empresa debe poseer un segundo medidor para suplir la demanda de energía eléctrica en periodos donde no es permitido usar la energía eléctrica comercial por el horario estacional. Este segundo medidor será del tipo monomía T1 para oficinas que permitirá el uso administrativo y el uso del sistema de refrigeración del cuarto frío para mantener el producto conforme a calidad requerida.
- **Implementar formatos de control:** en anexos III, anexo IV, anexo V se encuentran los formatos básicos de control de producción, control de calidad de proceso que debe llevar la empresa para el control eficiente de los recursos, ya que logrando identificar que los indicadores están acorde a lo esperado se puede obtener un mejor resultado en el consumo eléctrico comercial.

- 
- **Tener como meta reducir el indicador energético:** con el control de indicadores se debe colocar como meta reducir el 5% anual del consumo eléctrico con este control se espera reducir los costos de facturación y recibir beneficio ambiental para la comunidad, ya que reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>,



---

## **CAPITULO VIII: BIBLIOGRAFIA.**

- 1 FIDE (1995 a) Elementos Básicos de un Diagnostico Energético Orientado a la Aplicación de un Programa de Ahorro de Energía. México. 10pp.
- 2 EDWARD G. PITA (1998) Acondicionamiento de aire, Principios y Sistemas. Editorial Limusa.
- 3 DAVID E. JOHNSON. (1996) Análisis Básico de Circuitos Eléctricos. Editorial Prentice Hall.
- 4 CONAE (comisión nacional de energía)
- 5 Unit Conversions, Emissions Factors, and Other Reference Data/ CO2 Emission Factors by Fuel Type per Unit Volume,
- 6 Mass, and Energy / <http://www.epa.gov/cpd/pdf/brochure.pdf>, Página No 2
- 7 <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2emissionsfromfuelcombustionhighlights2013.pdf>

---

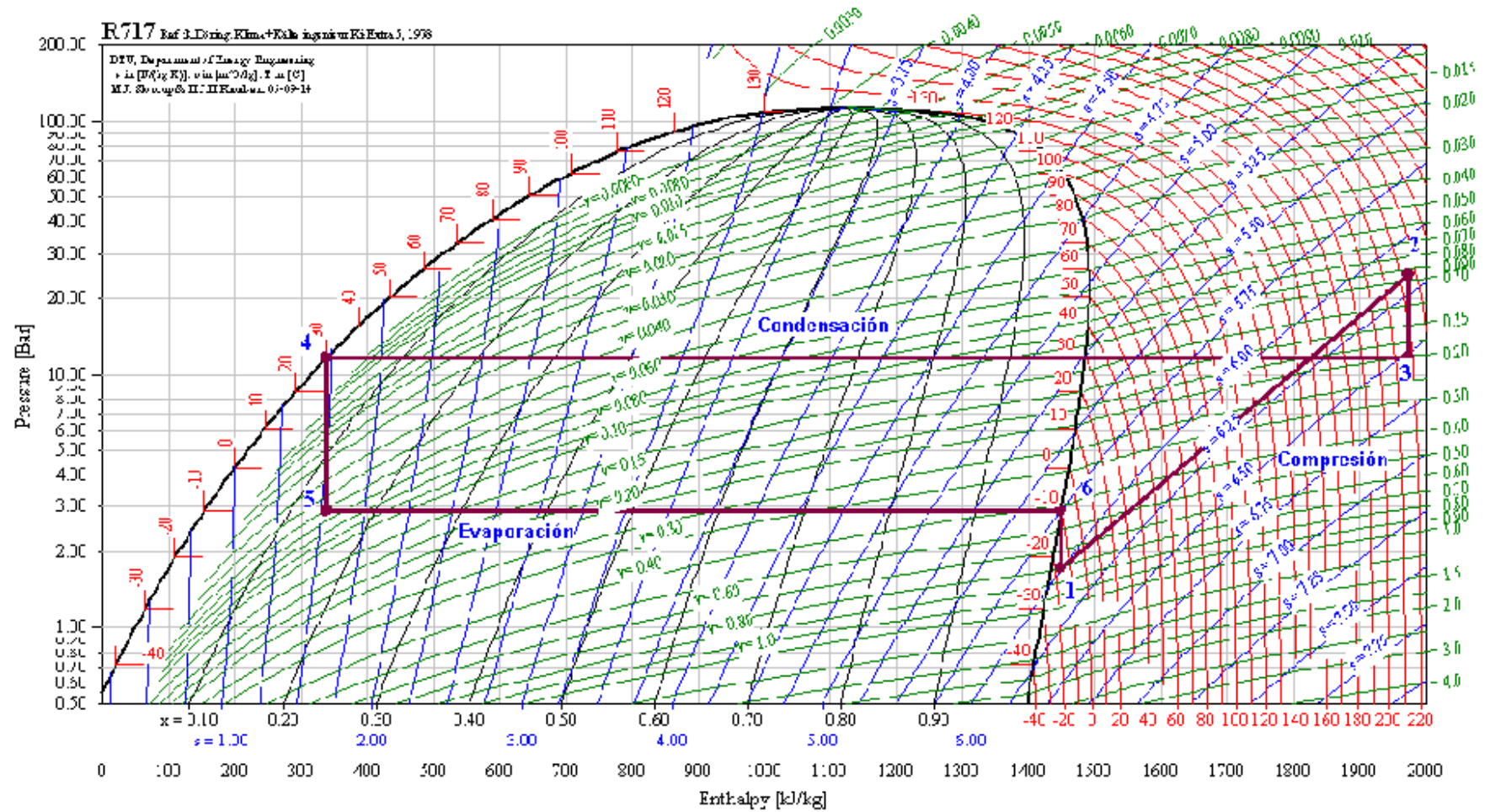
## CAPITULO IX: ANEXOS

Anexo I: Datos Técnicos de Equipos Proyecciones Industriales S.A. (Hielo Celsa)

Equipo	Potencia kW
Motor Compresor Vilter 1	33
Motor Compresor Vilter 2	33
Motor Compresor Worthinton	Fuera de Servicio
Condensador (motor ventilador y Bomba) Pila 2	3.4
Motor Agitador de Salmuera Pila 2	0.35
Motor Bomba de Circulación de Salmuera a cuarto de Almacenamiento	0.28
Condensador (motor ventilador y Bomba) Pila 2	3.4
Motor Agitador de Salmuera Pila 2	0.35
Motor Máquina Trituradora	2.11
Motor Bomba de Pozo	0.85

---

Ver anexo II. Diagrama Presión Vs Entalpía utilizado para el cálculo de la eficiencia del compresor.





**Nombre del Maquinista:** \_\_\_\_\_

	Hora																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Compresor Vilter 1																								
Presión de Succión																								
Presión de Descarga																								
Temperatura de Succión																								
Temperatura de Descarga																								
Compresor Vilter 2																								
Presión de Succión																								
Presión de Descarga																								
Temperatura de Succión																								
Temperatura de Descarga																								
Compresor Worthintog																								
Presión de Succión																								
Presión de Descarga																								
Temperatura de Succión																								
Temperatura de Descarga																								
Presión de Succión																								
Temperatura en el condensador																								
Temperatura en Pila 1																								
Temperatura en Pila 2																								
Temperatura Cuarto de Almacenamiento de Hielo																								
Observaciones																								

**ANEXO V. Formato de Control de Inventario de Producto**

Fecha	Marquetas en Bodega	Marquetas Producidas en las Pilas	Marquetas Vendidas	Marquetas con sal
Maquinista que entrega:		Maquinista que Recibe:		
Observaciones:				

## ANEXO VI. Compensación individual factor K

Compensación Individual (Tabla del factor K)														
Tang o Coso deseado														
Tangente		0.75	0.59	0.48	0.46	0.43	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.20	0.14	0.00
	Coseno	0.80	0.86	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
2.29	0.40	1.540	1.700	1.810	1.830	1.860	1.890	1.930	1.960	2.000	2.040	2.090	2.150	2.290
2.22	0.41	1.470	1.630	1.740	1.760	1.790	1.820	1.860	1.890	1.930	1.970	2.020	2.080	2.220
2.16	0.42	1.410	1.570	1.680	1.700	1.730	1.760	1.800	1.830	1.870	1.910	1.960	2.020	2.160
2.10	0.43	1.350	1.510	1.620	1.640	1.670	1.700	1.740	1.770	1.810	1.850	1.900	1.960	2.100
2.04	0.44	1.290	1.450	1.560	1.580	1.610	1.640	1.680	1.710	1.750	1.790	1.840	1.900	2.040
1.98	0.45	1.230	1.390	1.500	1.520	1.550	1.580	1.620	1.650	1.690	1.730	1.780	1.840	1.980
1.93	0.46	1.180	1.340	1.450	1.470	1.500	1.530	1.570	1.600	1.640	1.680	1.730	1.790	1.930
1.88	0.47	1.130	1.290	1.400	1.420	1.450	1.480	1.520	1.550	1.590	1.630	1.680	1.740	1.880
1.83	0.48	1.080	1.240	1.350	1.370	1.400	1.430	1.470	1.500	1.540	1.580	1.630	1.690	1.830
1.78	0.49	1.030	1.190	1.300	1.320	1.350	1.380	1.420	1.450	1.490	1.530	1.580	1.640	1.780
1.73	0.50	0.980	1.140	1.250	1.270	1.300	1.330	1.370	1.400	1.440	1.480	1.530	1.590	1.730
1.69	0.51	0.940	1.100	1.210	1.230	1.260	1.290	1.330	1.360	1.400	1.440	1.490	1.550	1.690
1.64	0.52	0.890	1.050	1.160	1.180	1.210	1.240	1.280	1.310	1.350	1.390	1.440	1.500	1.640
1.60	0.53	0.850	1.010	1.120	1.140	1.170	1.200	1.240	1.270	1.310	1.350	1.400	1.460	1.600
1.56	0.54	0.810	0.970	1.080	1.100	1.130	1.160	1.200	1.230	1.270	1.310	1.360	1.420	1.560
1.52	0.55	0.770	0.930	1.040	1.060	1.090	1.120	1.160	1.190	1.230	1.270	1.320	1.380	1.520
1.48	0.56	0.730	0.890	1.000	1.020	1.050	1.080	1.120	1.150	1.190	1.230	1.280	1.340	1.480
1.44	0.57	0.690	0.850	0.960	0.980	1.010	1.040	1.080	1.110	1.150	1.190	1.240	1.300	1.440
1.40	0.58	0.650	0.810	0.920	0.940	0.970	1.000	1.040	1.070	1.110	1.150	1.200	1.260	1.400
1.37	0.59	0.620	0.780	0.890	0.910	0.940	0.970	1.010	1.040	1.080	1.120	1.170	1.230	1.370
1.33	0.60	0.580	0.740	0.850	0.870	0.900	0.930	0.970	1.000	1.040	1.080	1.130	1.190	1.330
1.30	0.61	0.550	0.710	0.820	0.840	0.870	0.900	0.940	0.970	1.010	1.050	1.100	1.160	1.300
1.27	0.62	0.520	0.680	0.790	0.810	0.840	0.870	0.910	0.940	0.980	1.020	1.070	1.130	1.270
1.23	0.63	0.480	0.640	0.750	0.770	0.800	0.830	0.870	0.900	0.940	0.980	1.030	1.090	1.230
1.20	0.64	0.450	0.610	0.720	0.740	0.770	0.800	0.840	0.870	0.910	0.950	1.000	1.060	1.200
1.17	0.65	0.420	0.580	0.690	0.710	0.740	0.770	0.810	0.840	0.880	0.920	0.970	1.030	1.170
1.14	0.66	0.390	0.550	0.660	0.680	0.710	0.740	0.780	0.810	0.850	0.890	0.940	1.000	1.140
1.11	0.67	0.360	0.520	0.630	0.650	0.680	0.710	0.750	0.780	0.820	0.860	0.910	0.970	1.110
1.08	0.68	0.330	0.490	0.600	0.620	0.650	0.680	0.720	0.750	0.790	0.830	0.880	0.940	1.080
1.05	0.69	0.300	0.460	0.570	0.590	0.620	0.650	0.690	0.720	0.760	0.800	0.850	0.910	1.050
1.02	0.70	0.270	0.430	0.540	0.560	0.590	0.620	0.660	0.690	0.730	0.770	0.820	0.880	1.020
0.99	0.71	0.240	0.400	0.510	0.530	0.560	0.590	0.630	0.660	0.700	0.740	0.790	0.850	0.990
0.96	0.72	0.210	0.370	0.480	0.500	0.530	0.560	0.600	0.630	0.670	0.710	0.760	0.820	0.960
0.94	0.73	0.190	0.350	0.460	0.480	0.510	0.540	0.580	0.610	0.650	0.690	0.740	0.800	0.940
0.91	0.74	0.160	0.320	0.430	0.450	0.480	0.510	0.550	0.580	0.620	0.660	0.710	0.770	0.910
0.88	0.75	0.130	0.290	0.400	0.420	0.450	0.480	0.520	0.550	0.590	0.630	0.680	0.740	0.880
0.86	0.76	0.110	0.270	0.380	0.400	0.430	0.460	0.500	0.530	0.570	0.610	0.660	0.720	0.860
0.83	0.77	0.080	0.240	0.350	0.370	0.400	0.430	0.470	0.500	0.540	0.580	0.630	0.690	0.830
0.80	0.78	0.050	0.210	0.320	0.340	0.370	0.400	0.440	0.470	0.510	0.550	0.600	0.660	0.800
0.78	0.79	0.030	0.190	0.300	0.320	0.350	0.380	0.420	0.450	0.490	0.530	0.580	0.640	0.780
0.75	0.80		0.160	0.270	0.290	0.320	0.350	0.390	0.420	0.460	0.500	0.550	0.610	0.750
0.72	0.81		0.130	0.240	0.260	0.290	0.320	0.360	0.390	0.430	0.470	0.520	0.580	0.720
0.70	0.82		0.110	0.220	0.240	0.270	0.300	0.340	0.370	0.410	0.450	0.500	0.560	0.700
0.67	0.83		0.080	0.190	0.210	0.240	0.270	0.310	0.340	0.380	0.420	0.470	0.530	0.670
0.65	0.84		0.060	0.170	0.190	0.220	0.250	0.290	0.320	0.360	0.400	0.450	0.510	0.650
0.62	0.85		0.030	0.140	0.160	0.190	0.220	0.260	0.290	0.330	0.370	0.420	0.480	0.620
0.59	0.86			0.110	0.130	0.160	0.190	0.230	0.260	0.300	0.340	0.390	0.450	0.590
0.57	0.87			0.090	0.110	0.140	0.170	0.210	0.240	0.280	0.320	0.370	0.430	0.570
0.54	0.88			0.060	0.080	0.110	0.140	0.180	0.210	0.250	0.290	0.340	0.400	0.540
0.51	0.89			0.030	0.050	0.080	0.110	0.150	0.180	0.220	0.260	0.310	0.370	0.510
0.48	0.90				0.020	0.050	0.080	0.120	0.150	0.190	0.230	0.280	0.340	0.480

Ejemplo

Salir

P (kW)  
85

CosØ 1  
0.70

CosØ 2  
0.86

Factor K  
0.430

Q (kVAr)  
36.55

## ANEXO VII. Calculo de ganancias de calor

**Proyecto:** Hielera los CELSA

**Ubicación:** León

### Condiciones de diseño interior y exterior

Dimensiones del cuarto	
Alto (ft)	11.4829
Ancho (ft)	9.84249
Largo (ft)	18.37265

$T_{\text{interior}} (^{\circ}\text{F})$	14
$T_{\text{exterior}} (^{\circ}\text{F})$	95

Tipo de uso	Pe-sado
Horas de funcionamiento	18

### Ganancia de calor a través del Paredes

Orientación de las paredes a la intemperie	Tipo de material	$T_{\text{ext}}$ de la cámara	Grados de corrección	U (btu/ $^{\circ}\text{F ft}^2$ hr)	A ( $\text{ft}^2$ )	DT ( $^{\circ}\text{F}$ )	Período de 24 hr	Q (24hr)
Este	cocreto+ladrillo+Corcho+concreto	95	4	0.034	210.971303	85	24	14,633
Oeste	cocreto+ladrillo+Corcho+concreto	95	4	0.034	210.971303	85	24	14,633
Sur	cocreto+ladrillo+Corcho+concreto	95	2	0.034	113.020328	83	24	7,655
Norte	cocreto+ladrillo+Corcho+concreto	95	0	0.034	113.020328	81	24	7,470
<b>Total</b>								<b>44,391</b>

### Ganancia de calor a traves del Piso

U (btu/ $^{\circ}\text{F ft}^2$ hr)	Tipo de material	$T_{\text{ext}}$ de la cámara	A ( $\text{ft}^2$ )	DT ( $^{\circ}\text{F}$ )	Período de 24 hr	Q (24 hr)
0.061	Concreto 6"	85	180.8326239	71	24	18,796
<b>Total</b>						<b>18,796</b>

### Ganancia de calor a traves del Techo

Intemperie	Tipo de material	$T_{\text{ext}}$ de la cámara	Grados de corrección	U (btu/ $^{\circ}\text{F ft}^2$ hr)	A ( $\text{ft}^2$ )	DT ( $^{\circ}\text{F}$ )	Período de 24 hr	Q (24hr)
------------	------------------	-------------------------------	----------------------	-------------------------------------	---------------------	---------------------------	------------------	----------



Techo Plano	Madera Comun+concreto	95	8	0.052	180.832624	103	24	23,245
<b>Total</b>								<b>23,245</b>

**Ganancia de calor por infiltración**

Cam-bios de aire / 24hr	Volumen de la cámara (ft³)	Calor removido hasta la T <sub>int</sub> (BTU/hr)	Q (24hr)
12	2076.482937	2.9	72,262
<b>Total</b>			<b>72,262</b>

**Ganancia de calor por producto**

Tipo	Masa (lbs)	Calor específico	h <sub>f</sub>	T <sub>exterior</sub> (° F)	T <sub>fusión</sub> (° F)	T <sub>interior</sub> (° F)	TC	Q (24hr)
Agua	0	1	-	95	32	-	63	0
Agua	0	-	144	-	-	-	-	0
Agua	45,000	0.5	-	-	-	-	5	112,500
<b>Total</b>								<b>112,500</b>

**Ganancia de calor por persona, luminarias y equipos**

Tipo	Cantidad	Calor x persona	Potencia	Factor conversión	Horas de utilización	Q
Ocupantes	2	500	-	-	2	2,000
Iluminación	-	-	100	3.412	10	3,412
Equipos	-	-	-	-	-	0
<b>Total</b>						<b>5,412</b>

Carga total en 24 hr	<b>276,606</b>
Carga total horaria	<b>15,367</b>

BTUhr

Proyecto:

Ubicación:

Condiciones de diseño interior y exterior

Dimensiones del cuarto		Me-tros				
Alto (ft)	11.4829	3.50	T <sub>interior</sub> (° F)	14	Tipo de uso	Pe-sado
Ancho (ft)	9.84249	3.00	T <sub>exterior</sub> (° F)	95	Horas de funciona-miento	18
Largo (ft)	18.37265	5.60				

Ganancia de calor a traves del Paredes

Orientación de las paredes a la intemperie	Tipo de material	T <sub>ext</sub> de la ca-mara	Grados de corrección	U (btu/° F ft² hr)	A (ft²)	DT (° F)	Pe-rio do de 24 hr	Q (24hr)
Este	cocreto+lidri-llo+Corcho+concreto	95	4	0.068	210.971 303	85	24	29,26 6
Oeste	cocreto+lidri-llo+Corcho+concreto	95	4	0.068	210.971 303	85	24	29,26 6
Sur	cocreto+lidri-llo+Corcho+concreto	95	2	0.068	113.020 328	83	24	15,30 9
Norte	cocreto+lidri-llo+Corcho+concreto	95	0	0.068	113.020 328	81	24	14,94 0
Total								88,78 2

Ganancia de calor a traves del Piso

U (btu/° F ft² hr)	Tipo de material	T <sub>ext</sub> de la ca-mara	A (ft²)	DT (° F)	Periodo de 24 hr	Q (24hr)
0.83	Concreto 6"	85	180.8326239	71	24	255,75 5
Total						255,75 5

Ganancia de calor a traves del Techo

Intemperie	Tipo de material	T <sub>ext</sub> de la ca-mara	Grados de corrección	U (btu/° F ft² hr)	A (ft²)	DT (° F)	Pe-rio do de	Q (24hr)
------------	------------------	--------------------------------	----------------------	--------------------	---------	----------	--------------	----------

							24 hr	
Techo Plano	Madera Comun+concreto	95	8	0.41	180.832 624	103	24	183,2 77
							<b>Total</b>	<b>183,2 77</b>

**Ganancia de calor por infiltración**

Cam-bios de aire / 24hr	Volumen de la camara (ft³)	Calor remo- vido hasta la T <sub>int</sub> (BTU/ hr)	Q (24hr)
12	2076.482937	2.9	72,262
			<b>Total</b>

**72,262**

**Ganancia de calor por pro-  
ducto**

Tipo	Masa (lbs)	Calor espe- cifico	h <sub>r</sub>	T <sub>exterior</sub> (° F)	T <sub>fusión</sub> (° F)	T <sub>interior</sub> (° F)	TC	Q (24hr)
Agua	0	1	-	95	32	-	63	0
Agua	0	-	144	-	-	-	-	0
Agua	45,000	0.5		-	-	-	5	112,5 00
							<b>Total</b>	<b>112,5 00</b>

**Ganancia de calor por persona, lumina-  
rias y equipos**

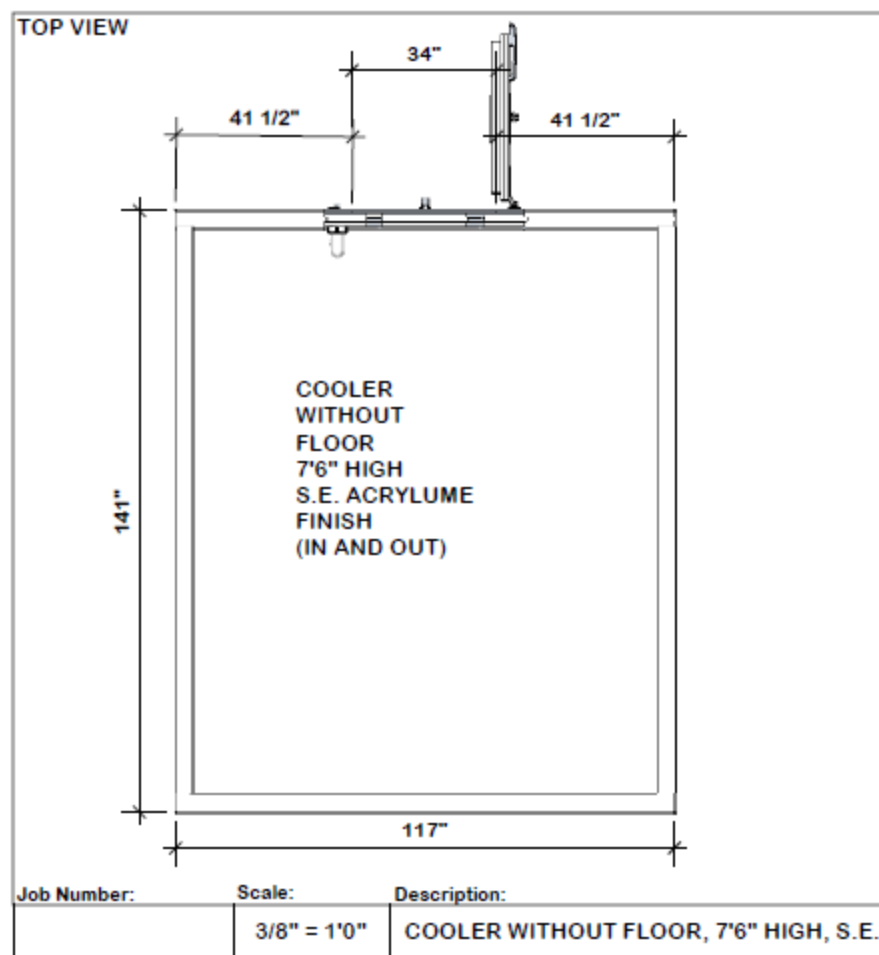
Tipo	Canti- dad	Calor x per- sona	Poten- cia	Factor conver- sión	Horas de uti- liza- cion	Q
Ocupantes	2	500	-	-	2	2,0 00
Iluminación		-	100	3.412	10	3,4 12
Equipos		-				0
						<b>Total</b>



**5,4  
12**

Carga total en 24 hr	<b>717,98 8</b>
Carga total horaria	<b>39,888</b>

BTU/24 horas  
BTU/hor  
a

**Anexo VIII: Descripción del cuarto frigorífico.**





Click to view layout

**Model No. CTRI1012S**

Package includes the following:

- (1) Walk in Cooler Nominal Size: 10' X 12' X 7'6"
- Holding Temperature 35°F
- Insulation 4" 2009 EISA Compliant
- Constructed of 26 gauge Stucco-Embossed Acrylume
- (1) 1.5 HP Remote Indoor Condenser / Compressor with Drier & Sight Glass, Voltage 208-230/60/1
- (1) Low Profile Evaporator with Thermostatic Expansion Valve, Voltage 115/60/1
- (1) Adjustable Thermostat
- (1) Dial Thermometer
- (1) Standard Flush Closing Door 34" x 76" Opening
- (1) Reinforce Door Frame
- (1) Set of Heavy Duty Hinges

- (1) Pre-wired Light Switch & (1) Vapor Proof Light Fixture
- (1) Magnetic Door Gasket
- (1) Door Closer
- (1) Inside Safety Release
- (1) Heavy Duty Door Latch / with Locking Key
- 4" Vinyl screed provided to secure panel walls to floor
- Listed with: UL; MEA-New York City; State of Oregon and the City of Houston, Texas Building Code Agency

---

• Call for additional information on the following options:

- Heavy Duty 4" Aluminum Insulated Floor
- Remote Outdoor Condenser / Compressor
- [Self Contained Refrigeration <Click for installation video>](#)
- Door placement and opening preference
- [Click here to view our walk in cooler installation video](#)

